

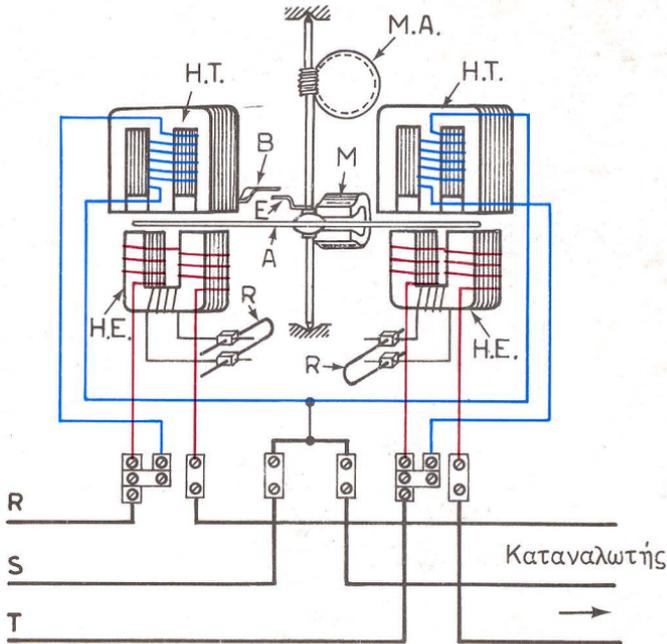


## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

Σπυρίδωνος Ν. Βασιλακόπουλου  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.

Θεοδώρου Χ. Χρυσανθόπουλου  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.



Συνδεσμολογία τριφασικού μετρητή ενέργειας



1 9 5 4

**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

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

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

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

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

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

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

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

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

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλόλογους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

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

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

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Μιχαήλ Αγγελόπουλος**, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Αλέξανδρος Σταυρόπουλος**, ομ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

**Ιωάννης Τεγόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ.

**Σταμάτης Παλαιοκρασάς**, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

**Χρήστος Σιγάλας**, Δ/τής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.

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

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

### Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

*Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπεταιιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηιωάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*





Α΄ ΤΑΞΗ ΜΕΣΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΧΟΛΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ν. ΒΑΣΙΛΑΚΟΠΟΥΛΟΥ  
ΜΗΧ/ΤΟΥ - ΗΛΕΚ/ΤΟΥ Ε.Μ.Π.

ΘΕΟΔΩΡΟΥ Χ. ΧΡΥΣΑΝΘΟΠΟΥΛΟΥ  
ΜΗΧ/ΤΟΥ - ΗΛΕΚ/ΤΟΥ Ε.Μ.Π.



ΑΘΗΝΑ  
1998



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1981



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τό βιβλίό αυτό προορίζεται γιά τήν Α΄ τάξη τοῦ Ἡλεκτρολογικοῦ Τμήματος τῶν Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν νέου τύπου καί περιλαμβάνει τίς ἀσκήσεις Ἡλεκτρικῶν Μετρήσεων πού θά ἐκτελοῦν οἱ σπουδαστές στό Ἐργαστήριο Εἰδικότητας.

Συνολικά περιέχονται στό βιβλίό 37 ἀσκήσεις. Οἱ δύο πρῶτες εἶναι εἰσαγωγικές στά ὄργανα μετρήσεων καί στόν καθορισμό τῶν διαστάσεων τῶν συρμάτων. Οἱ ἀσκήσεις 3 ὡς καί 18 ἀναφέρονται σέ μετρήσεις στό συνεχές ρεῦμα, οἱ ἀσκήσεις 19 ὡς καί 22 στό μαγνητισμό καί ἠλεκτρομαγνητισμό καί οἱ ἀσκήσεις 23 ὡς καί 33 σέ μετρήσεις στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Τέλος οἱ ἀσκήσεις 34 ὡς καί 37 ἀναφέρονται σέ εἰδικά θέματα, ὅπως στούς μετασχηματιστές μετρήσεως, τά ὠμόμετρα, τή μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως γειώσεως καί τόν προσδιορισμό τῆς θέσεως σφάλματος καλωδίου.

Σέ κάθε ἀσκηση στήν ἀρχή, ἀφοῦ πρῶτα δοθεῖ ὁ σκοπός τῆς ἀσκήσεως, ὑπενθυμίζονται τά στοιχεῖα ἐκεῖνα τῆς Ἡλεκτρολογίας πού θεωροῦνται ἀπαραίτητα γιά τήν κατανόησή της. Στή συνέχεια δίνονται οἱ συνδεσμολογίες πού πρέπει νά ἐκτελέσουν οἱ σπουδαστές στό Ἐργαστήριο καί τά ὄργανα καί ὑλικά πού θά τούς χρειαθοῦν γι' αὐτές. Κατόπιν περιγράφεται λεπτομερῶς ἡ πορεία γιά τήν ἐκτέλεση τῆς ἀσκήσεως καί παραθέτονται οἱ πίνακες (μερικές φορές καί διαγράμματα), τούς ὁποίους πρέπει νά συμπληρώσουν οἱ σπουδαστές μέ τά στοιχεῖα πού θά μετρήσουν ἢ θά ὑπολογίσουν κατά τήν ἐκτέλεση τῆς ἀσκήσεως στό Ἐργαστήριο.

Στά εἰσαγωγικά στοιχεῖα πού, ὅπως ἀναφέρθηκε παραπάνω, περιέχονται στήν ἀρχή κάθε ἀσκήσεως, δέν περιλαμβάνεται συνήθως ἡ περιγραφή τοῦ τρόπου λειτουργίας τῶν διαφόρων ὀργάνων πού χρησιμοποιοῦνται. Μόνο σέ εἰδικές περιπτώσεις, ὅπως γιά τή γέφυρα Wheatstone, τά ὠμόμετρα, τό γειωσόμετρο κλπ., δίνονται σχετικά στοιχεῖα. Στίς ὑπόλοιπες περιπτώσεις ὁ ἐνδιαφερόμενος σπουδαστής μπορεῖ νά συμβουλευθεῖ τό βιβλίό του **Ἐφαρμοσμένη Ἡλεκτρολογία καί Ἡλεκτρικά Ὅργανα Μετρήσεως.**

Ἡ λεπτομερής περιγραφή τῆς πορείας γιά τήν ἐκτέλεση τῆς ἀσκήσεως κρίθηκε σκόπιμη, γιατί καθοδηγεῖ τό σπουδαστή στό διάφορα στάδια ἀπό τά ὁποῖα πρέπει νά διέλθει ἡ σωστή ἐκτέλεση τῆς ἀσκήσεως. Ἐτσι συνηθίζει στήν τάξη καί στήν ὀρθολογική διαδοχή τῶν διαφόρων χειρισμῶν. Ἐπίσης, ὁ τρόπος αὐτός περιγραφῆς, ἐλαχιστοποιεῖ τήν ἀνάγκη ἐπιβλέψεως ἀπό μέρους τῶν ἐκπαιδευτῶν κατά τήν ἐκτέλεση τῆς ἀσκήσεως στό Ἐργαστήριο.

Αὐτονόητο εἶναι, ὅτι, ὅταν τό Ἐργαστήριο τῆς Σχολῆς δέν διαθέτει κάποια ὄργανα ἢ συσκευές ἀπό αὐτά πού ἀναφέρονται στήν ἄσκηση, μπορεῖ νά χρησιμοποιηθοῦν ἄλλα μεγαλύτερης περιοχῆς μετρήσεως. Τέτοιες προσαρμογές γιά κάθε ἄσκηση πρὸς τίς δυνατότητες τοῦ Ἐργαστηρίου κάθε Σχολῆς πρέπει νά μελετηθοῦν καί νά γίνουν ἀπό τοὺς υπεύθυνους ἐκπαιδευτές. Ἐπίσης, αὐτονόητο εἶναι, ὅτι κάθε ἄσκηση δέν εἶναι ἀπαραίτητο νά ἐκτελεῖται ἡ ἴδια ταυτόχρονα ἀπό ὅλες τίς ὁμάδες τῶν σπουδαστῶν μέσα στό Ἐργαστήριο. Ἄν λόγοι μὴ ἐπάρκειας ὁμοειδῶν ὀργάνων τό ἐπιβάλλουν, θά μπορεῖ οἱ ὁμάδες αὐτές νά ἐκτελοῦν διαφορετικές ἀσκήσεις. Ὅσον ἀφορᾷ τέλος τῆ διάρκεια μιᾶς ἀσκήσεως αὐτή μπορεῖ νά εἶναι ἴση μέ ἓνα «μάθημα» τοῦ Ἐργαστηρίου Μετρήσεων. Μπορεῖ ἐπίσης μέσα στό ἴδιο μάθημα νά γίνουν δύο ἀσκήσεις ἢ ἀκόμα μία ἄσκηση ἀποτελούμενη ἀπό δύο διακεκριμένα μέρη νά μοιρασθεῖ σέ δύο μαθήματα.

Οἱ συγγραφεῖς τοῦ βιβλίου προσπάθησαν μέ τῆ διάταξη τῆς ὕλης νά δώσουν ἓνα βοήθημα χρήσιμο καί πρακτικό γιά τίς ἀνάγκες τῶν ἀσκήσεων τοῦ Ἐργαστηρίου τῶν Ἡλεκτρικῶν Μετρήσεων. Γιά καλύτερη ἐκπλήρωση τοῦ σκοποῦ αὐτοῦ χρειάστηκε νά γίνει ἐπαλήθευση στό ἐργαστήριο τῶν περισσοτέρων ἀπό τίς ἀσκήσεις τοῦ βιβλίου. Μελλοντική βελτίωση τοῦ βιβλίου μπορεῖ νά προέλθει ἀπό τίς παρατηρήσεις καί τίς ὑποδείξεις, τίς ὁποῖες παρακαλοῦνται νά ὑποβάλουν ὅσοι θά τό χρησιμοποιήσουν.

Πρὸς τήν Ἐπιτροπή Ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου καί πρὸς τό Τμήμα Ἐκδόσεων αὐτοῦ οἱ συγγραφεῖς ἐκφράζουν θερμότερες εὐχαριστίες γιά τίς φροντίδες τους κατά τῆ συγγραφῆ καί ἔκδοση τοῦ βιβλίου.

Οἱ συγγραφεῖς

## ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΩΤΗ

### ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ ΡΟΟΣΤΑΤΕΣ

#### 1.1 Σκοπός.

- Ἡ ἐπίδειξη διαφόρων βολτομέτρων καὶ ἀμπερομέτρων μὲ δείκτη καὶ ἡ ἐξοικείωση μὲ τὰ βασικά χαρακτηριστικά τους (περιοχές μετρήσεως, τοποθέτηση, σφάλματα κλπ.).
- Ἡ ἐπίδειξη διαφόρων τύπων ροοστατῶν.

#### 1.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Γιὰ τὴ μέτρηση τῶν διαφόρων ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν (π.χ. τάση, ἔνταση, ἰσχύς κλπ.) χρησιμοποιοῦμε διάφορα ὄργανα μετρήσεως, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν σὲ πολὺ μεγάλη ποικιλία.

Τὰ ὄργανα μετρήσεως διακρίνονται σὲ **μόνιμα** καὶ **φορητά**. Τὰ μόνιμα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται καὶ ὄργανα πίνακα, τοποθετοῦνται στοὺς πίνακες ἐνδείξεων καὶ ἐλέγχου σταθερὰ καὶ εἶναι ἀμετακίνητα. Τὰ φορητά ὄργανα μποροῦν νὰ μετακινοῦνται σὲ διάφορες θέσεις ἀνάλογα μὲ τὶς ἀνάγκες μας. Φορητά ὄργανα εἶναι καὶ τὰ ὄργανα ἐργαστηρίου.

Ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο μὲ τὸν ὁποῖο τὰ ὄργανα μᾶς δίνουν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως, τὰ διακρίνομε σὲ:

##### **α) Ἐνδεικτικά ὄργανα.**

Σ' αὐτὰ περιλαμβάνονται **τὰ ὄργανα μὲ δείκτη**, στὰ ὁποῖα ἕνας δείκτης στρέφεται μπροστὰ σὲ μία βαθμολογημένη κλίμακα καὶ σταματᾷ στὴν ἐνδειξη ποῦ ἀντιστοιχεῖ στό μετροῦμενο μέγεθος, καὶ **τὰ ψηφιακά ὄργανα**, στὰ ὁποῖα ἡ ἐνδειξη σχηματίζεται μὲ τὴ βοήθεια ἀπαριθμητικοῦ μηχανισμοῦ.

### β) Καταγραφικά όργανα.

Σ' αυτά μία γραφίδα σημειώνει κάθε στιγμή τήν ένδειξη σέ ένα χαρτί πού ξετυλίγεται συνεχώς.

Ἡ μέτρηση ενός ηλεκτρικοῦ μεγέθους δέ γίνεται ποτέ μέ απόλυτη ἀκρίβεια, δηλαδή ἔχομε πάντα κάποιο σφάλμα. Ὀνομάζομε **ἀπόλυτο σφάλμα** τῆς μετρήσεως ενός φυσικοῦ μεγέθους τό μέγεθος:

$$a = \chi - \chi_0 \quad (1)$$

ὅπου:  $\chi$  ἡ τιμή τοῦ μεγέθους πού διαβάζομε στό ὄργανο καί  $\chi_0$  ἡ πραγματική τιμή τοῦ μεγέθους.

Πιό ἀντιπροσωπευτικό εἶναι τό λεγόμενο **σχετικό σφάλμα  $\sigma$**  τῆς μετρήσεως, τό ὁποῖο δίνεται ἀπό τόν τύπο:

$$\sigma = \frac{\chi - \chi_0}{\chi_0} = \frac{a}{\chi_0} \quad (2)$$

ἢ ἐκφρασμένο ἐπί τοῖς ἑκατό εἶναι:

$$\sigma\% = \frac{\chi - \chi_0}{\chi_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

Οἱ κατασκευαστές τῶν ὀργάνων μετρήσεως γράφουν πάντοτε πάνω σ' αυτά τήν κλάση τοῦ ὀργάνου πού ἐκφράζεται μ' ἕναν ἀριθμό. Ὁ ἀριθμός αὐτός εἶναι τό μέγιστο σχετικό σφάλμα τοῖς ἑκατό πού εἶναι δυνατό νά κάνει τό ὄργανο καί μπορεῖ νά εἶναι θετικό ἢ ἀρνητικό. Δηλαδή τό ὄργανο μπορεῖ νά δείχνει τιμή τοῦ μεγέθους μεγαλύτερη ἢ μικρότερη ἀπό τήν πραγματική σέ ποσοστό % ὅση εἶναι ἡ κλάση τοῦ ὀργάνου.

Σύμφωνα μέ τούς γερμανικούς κανονισμούς VDE ὑπάρχουν ἐπτά κλάσεις γιά τά ὄργανα μετρήσεως:

0,1 0,2 0,5 1 1,5 2,5 5.

Τά ὄργανα τῶν κλάσεων 0,1, 0,2 καί 0,5 ὀνομάζονται καί **λεπτά ὄργανα** ἢ ὄργανα ἐργαστηριακῆς ἀκριβείας, ἐνῶ τά ὄργανα τῶν κλάσεων 1, 1,5, 2,5 καί 5 ὀνομάζονται καί **ὄργανα λειτουργίας** ἢ ὄργανα βιομηχανικῆς ἀκριβείας (δέν εἶναι τόσο ἀκριβή ὅσο τά προηγούμενα).

Τό μέγιστο σχετικό σφάλμα τοῦ ὀργάνου ἐπί τοῖς ἑκατό δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$\sigma\% = \pm \text{κλάση} \quad (4)$$

Τό μέγιστο ἀπόλυτο σφάλμα τοῦ ὀργάνου δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$a = \frac{\sigma\%}{100} \cdot \chi_0 \quad (5)$$

Π.χ. σέ ένα άμπερόμετρο περιοχής μετρήσεως  $0 \div 100$  A καί κλάσεως 1,5, τό μέγιστο σχετικό σφάλμα του επί τοίς εκατό είναι:

$$\sigma\% = \pm 1,5\%$$

ένω τό μέγιστο άπόλυτο σφάλμα του είναι:

$$\alpha = \frac{\sigma\%}{100} \cdot X_0 = \pm \frac{1,5}{100} \times 100 \text{ A} = \pm 1,5 \text{ A}$$

Οί σπουδαιότεροι λόγοι δημιουργίας σφαλμάτων στίς μετρήσεις πού γίνονται μέ διάφορα όργανα είναι οί ακόλουθοι:

1) 'Η κατασκευή του ίδιου του όργάνου (τό αντίστοιχο σχετικό σφάλμα εκφράζεται από την κλάση του όργάνου).

2) Τό ότι άρχικά ό δείκτης δέν είναι στό μηδέν της κλίμακας (αυτό μπορεί νά διορθωθεί περιστρέφοντας κατάλληλα μία μικρή βίδα πού υπάρχει στό όργανο).

3) 'Η παράλλαξη πού δημιουργείται όταν κυττάζομε λοξά τό δείκτη. Γι' αυτό τά περισσότερα όργανα μέ δείκτη έχουν κατά μήκος της κλίμακας έναν καθρέφτη καί πρέπει νά κυττάζομε τό δείκτη μέ τρόπο, ώστε νά μή φαίνεται τό είδωλό του στόν καθρέφτη.

4) Οί μεταβολές της θερμοκρασίας, της ύγρασίας ή της πίεσεως του περιβάλλοντος, οί επιδράσεις ξένων ήλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων κλπ.

Στά όργανα μετρήσεως σημειώνονται διάφορα σύμβολα τυποποιημένα διεθνώς. Τά σπουδαιότερα από αυτά καθώς καί ή σημασία τους, φαίνονται στόν Πίνακα 1.2.1.

Τά συνηθέστερα ήλεκτρικά όργανα μετρήσεως είναι τά άμπερόμετρα (A), τά όποια μετρούν έντάσεις ρεύματος, καί τά βολτόμετρα (V), τά όποια μετρούν τάσεις. Από άπόψεως κατασκευής οί σπουδαιότερες κατηγορίες των όργάνων αυτών είναι:

- Τά **όργανα κινητού πλαισίου** ή **στρεπτού πηνίου**, πού είναι κατάλληλα για μετρήσεις μέ συνεχές ρεύμα, καί
- τά **όργανα κινητού σιδήρου** ή **κινητού πυρήνα**, πού είναι κατάλληλα για μετρήσεις μέ συνεχές ή μέ έναλλασσόμενο ρεύμα.

Πολλές φορές στά ήλεκτρικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται ήλεκτρικές αντίστασεις (R) μέ μεταβαλλόμενη τιμή. Αυτές ονομάζονται **ρυθμιστικές αντίστασεις** ή **ροοστάτες** καί χαρακτηρίζονται από την περιοχή της δυνατής μεταβολής της αντίστασεως καί τό μέγιστο ρεύμα πού μπορεί νά περάσει μέσα από αυτές. Π.χ.  $0 \div 20 \Omega$ , 2 A.

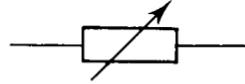
Οί ροοστάτες χωρίζονται σέ δύο κατηγορίες:

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.1.

Τά σπουδαιότερα σύμβολα των οργάνων μετρήσεως και ή σημασία τους.

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
	Όργανο για συνεχές ρεύμα (D.C.) Όργανο για έναλλασσόμενο ρεύμα (A.C.) Όργανο για D.C. και A.C.		Ήλεκτροστατικό όργανο
	Όργανο στρεπτού πηνίου		Θερμικό όργανο
	Όργανο με σταυρωτά πηνία		Διμεταλλικό όργανο
	Όργανο κινητού σιδήρου	2,5	Κλάση ακριβείας
	Όργανο κινητού μαγνήτη		Τοποθέτηση οργάνου σε όρθια θέση
	Όργανο κινητού μαγνήτη με σταυρωτά πηνία		Τοποθέτηση οργάνου σε οριζόντια θέση
	Ήλεκτροδυναμικό όργανο		Τοποθέτηση οργάνου σε πλάγια θέση (π.χ. 60°)
	Έπαγωγικό όργανο		Τάση δοκιμής οργάνου 500 V
	Όργανο με άνορθωτική γέφυρα		Τάση δοκιμής οργάνου 5 kV
	Όργανο με παλλόμενα ελάσματα		Ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας

– **Ροοστάτες με σύρτη**, με σύμβολο



στους οποίους ή R μεταβάλλεται με τρόπο συνεχή και

– **Ροοστάτες στροφαλοφόροι**, με σύμβολο



στους οποίους ή R μεταβάλλεται κατά βήματα.

### 1.3 Άπαιτούμενα όργανα και υλικά.

- Άμπερόμετρα με δείκτη διαφόρων τύπων.
- Βολτόμετρα με δείκτη διαφόρων τύπων.
- Ροοστάτες με σύρτη και στροφαλοφόροι.

### 1.4 Πορεία εργασίας.

#### 1.4.1 Ένδειξεις άμπερομέτρων.

α) Τοποθετήστε ένα άμπερόμετρο όριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τό σχετικό σύμβολο.

β) Μετακινήστε, άν χρειάζεται, τό δείκτη έτσι, ώστε ή ένδειξη νά συμπίπτει άρχικά με τό μηδέν τής κλίμακας.

γ) Άφού με ύπόδειξη τοϋ καθηγητή σας γίνει ή συνδεσμολογία και περάσει ρεύμα από τό όργανο, σημειώστε τήν ένδειξη και τά ύπόλοιπα σχετικά στοιχεία (περιοχή μετρήσεων, τοποθέτηση, είδος ρεύματος, τάση δοκιμής, είδος όργάνου, κλάση) στις αντίστοιχες θέσεις τής πρώτης κενής στήλης τοϋ Πίνακα 1.4.1.

δ) Άπολογίστε τό μέγιστο σχετικό σφάλμα επί τοις εκατό % και τό μέγιστο άπόλυτο σφάλμα α πού όφείλεται στό όργανο, από τίς σχέσεις (4) και (5) τής παραγράφου 1.2 και σημειώστε τα στις αντίστοιχες θέσεις τής ίδιας στήλης τοϋ Πίνακα 1.4.1.

ε) Έπαναλάβετε τίς παραπάνω εργασίες με ένα άλλο άμπερόμετρο και συμπληρώστε τήν τελευταία στήλη τοϋ Πίνακα 1.4.1.

#### 1.4.2 Ένδειξεις βολτομέτρων.

Έπαναλάβετε τίς παραπάνω εργασίες χρησιμοποιώντας άντί για άμπερόμετρα βολτόμετρα. Συμπληρώστε τά διάφορα στοιχεία στόν Πίνακα 1.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.1.**

Στοιχεία	1ο άμπερόμετρο	2ο άμπερόμετρο
Περιοχή μετρήσεων		
Τοποθέτηση όργάνου		
Είδος ρεύματος		
Τάση δοκιμής (kV)		
Είδος όργάνου		
Κλάση		
Ένδειξη (A)		
Μέγ. σχετικό σφάλμα σ%		
Μέγ. απόλυτο σφάλμα α (A)		

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.2.**

Στοιχεία	1ο βολτόμετρο	2ο βολτόμετρο
Περιοχή μετρήσεων		
Τοποθέτηση όργάνου		
Είδος ρεύματος		
Τάση δοκιμής (kV)		
Είδος όργάνου		
Κλάση		
Ένδειξη (V)		
Μέγ. σχετικό σφάλμα σ%		
Μέγ. απόλυτο σφάλμα α (V)		

### 1.4.3 Ροοστάτες.

α) Έξετάστε μία ρυθμιστική αντίσταση με σύρτη και, με βάση τα στοιχεία που αναγράφονται σ' αυτή, σημειώστε στον Πίνακα 1.4.3 το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να περάσει μέσα από αυτήν καθώς και την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή της. Για ποιά θέση του δρομέα της (σύρτη) θά έχουμε την ελάχιστη και για ποιά τη μέγιστη τιμή της R;

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.3.**

Είδος ροοστάτη	$I_{\text{μέγ}}$	$R_{\text{ελάχ}}$	$R_{\text{μέγ}}$	$R_{\text{ένδιάμ}}$
Ροοστάτης με σύρτη				
Στροφαλοφόρος ροοστάτης				

β) Τοποθετήστε τό δρομέα της στό μέσο τής διαδρομής του και σημειώστε την τιμή τής R στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 1.4.3.

γ) Έξετάστε μία στροφαλοφόρο ρυθμιστική αντίσταση και σημειώστε τό μέγιστο ρεύμα και τίς άκραιές τιμές της (ελάχιστη - μέγιστη) στον Πίνακα 1.4.3.

δ) Τοποθετήστε τό στρόφαλό της (ή τούς στροφάλους της) σέ όποια θέση θέλετε, και σημειώστε την τιμή τής R στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 1.4.3.

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

### ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ Ή ΠΗΝΙΟΥ

#### 2.1 Σκοπός.

- Ή μέτρηση τών διαμέτρων διαφόρων συρμάτων, ο ύπολογισμός τής διατομής τους καί ή συνειδητοποίηση τών σχετικῶν μεγεθῶν.
- Ό προσδιορισμός τοῦ βάρους σύρματος ἀφοῦ μετρήσομε τό μήκος καί τή διάμετρο τοῦ σύρματος.
- Ό προσδιορισμός τοῦ μήκους σύρματος ἢ πηνίου ἀφοῦ μετρήσομε τό βάρος του καί τή διάμετρο τοῦ σύρματος.
- Ό ύπολογισμός τοῦ ἀπόλυτου καί τοῦ σχετικοῦ σφάλματος κατά τόν προσδιορισμό τοῦ βάρους καί τοῦ μήκους σύρματος.

#### 2.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Όπως εἶναι γνωστό ἀπό τή Φυσική, τό βάρος ἑνός σώματος δίνεται ἀπό τόν τύπο:

$$G = V \cdot \gamma \quad \text{σέ } \rho \text{ (πόντ ἢ γραμμάρια βάρους)} \quad (1)$$

ὄπου:  $V$  ὁ ὄγκος τοῦ σώματος, σέ  $\text{cm}^3$  καί  
 $\gamma$  τό εἰδικό βάρος τοῦ σώματος, σέ  $\rho/\text{cm}^3$ .

Στήν περίπτωση σύρματος ἀπλοῦ ἢ τυλιγμένου σέ σπείρες, ὥστε νά ἀποτελεῖ ἕνα πηνίο, τό βάρος τοῦ σύρματος δίνεται ἀπό τόν τύπο:

$$G = S \cdot l \cdot \gamma \quad \text{σέ } \rho \quad (2)$$

ὄπου:  $S$  ἡ διατομή τοῦ σύρματος, σέ  $\text{mm}^2$ ,  
 $l$  τό μήκος τοῦ σύρματος, σέ  $\text{m}$  καί  
 $\gamma$  τό εἰδικό βάρος τοῦ σύρματος, σέ  $\rho/\text{cm}^3$ .

Τό ἔμβαδόν  $S$  τής διατομής τοῦ σύρματος δίνεται ἀπό τόν τύπο:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{σέ } \text{mm}^2 \quad (3)$$

όπου  $d$  ή διάμετρος του σύρματος, σε mm.

Αν γνωρίζουμε τό βάρος καί τή διάμετρο του σύρματος, μπορούμε νά υπολογίσομε τό μήκος του από τόν τύπο:

$$l = \frac{G}{S \cdot \gamma} \quad \text{σε m} \quad (4)$$

Απόλυτο σφάλμα τής μετρήσεως ενός φυσικοῦ μεγέθους  $\chi$ , ὀνομάζεται τό μέγεθος:

$$\alpha = \chi - \chi_0 \quad (5)$$

όπου:  $\chi$  ή τιμή του μεγέθους που προκύπτει από μέτρηση ή υπολογισμό καί

$\chi_0$  ή πραγματική τιμή του μεγέθους.

Τό σχετικό σφάλμα τής μετρήσεως ενός φυσικοῦ μεγέθους  $\chi$ , δίνεται από τόν τύπο:

$$\sigma = \frac{\chi - \chi_0}{\chi_0} \quad (6)$$

Έκφρασμένο επί τοῖς ἑκατό εἶναι:

$$\sigma\% = \frac{\chi - \chi_0}{\chi_0} \cdot 100\% \quad (7)$$

Τό απόλυτο καί τό σχετικό σφάλμα μιᾶς μετρήσεως μπορεῖ νά εἶναι ἄριθμός θετικός ή ἀρνητικός ή καί μηδέν.

### 2.3 Ἀπαιτούμενα ὄργανα καί ὑλικά.

- Παχύμετρο ή μικρόμετρο.
- Σύρματα χάλκινα (ή από ἄλλο ὑλικό) σε διάφορα μήκη.
- Πηγία περιελίξεως από χαλκό (ή από ἄλλο ὑλικό).
- Ζυγαριά ἀκριβείας.

### 2.4 Πορεία ἐργασίας.

#### 2.4.1 Εὔρεση του βάρους $G$ (συμπλήρωση του Πίνακα 2.4.1).

- α) Μετρήστε τό μήκος  $l$  του σύρματος.
- β) Μετρήστε, μέ τό παχύμετρο ή τό μικρόμετρο, τή διάμετρο του σύρματος καί υπολογίστε τή διατομή του.
- γ) Υπολογίστε τό βάρος του σύρματος μέ τόν τύπο (2) τής παραγράφου 2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.1.

α/α	Υλικό	l(m)	d(mm)	S(mm <sup>2</sup> )	γ(p/cm <sup>3</sup> )	G(p)	G <sub>0</sub> (p)	α(p)	σ%
1									
2									
3									

δ) Ζυγίστε τό σύρμα για να βρείτε τό πραγματικό βάρος του  $G_0$ .

ε) Υπολογίστε τό απόλυτο σφάλμα α και τό σχετικό σφάλμα επί τοίς εκατό σ% από τούς τύπους (5) και (7) τής παραγράφου 2.2.

στ) Επαναλάβετε τίς παραπάνω έργασίες μέ άλλα δύο κομμάτια του ίδιου ή άλλου σύρματος.

### 2.4.2 Εύρεση του μήκους l (συμπλήρωση του Πίνακα 2.4.2).

α) Μετρήστε μέ τό παχύμετρο ή τό μικρόμετρο τή διάμετρο του σύρματος και υπολογίστε τή διατομή του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.2.

Είδος	Υλικό	d(mm)	S(mm <sup>2</sup> )	G(p)	γ(p/cm <sup>3</sup> )	l(m)	l <sub>0</sub> (m)	α(m)	σ%
Σύρμα									
A' πηνίο									
B' πηνίο									

β) Ζυγίστε τό σύρμα για να βρείτε τό βάρος του.

γ) Υπολογίστε τό μήκος του σύρματος από τόν τύπο (4) τής παραγράφου 2.2.

δ) Μετρήστε τό σύρμα για να βρείτε τό πραγματικό του μήκος  $l_0$ .

ε) Υπολογίστε τό απόλυτο σφάλμα α και τό σχετικά σφάλμα επί τοίς εκατό σ% από τούς τύπους (5) και (7) τής παραγράφου 2.2.

στ) Επαναλάβετε τίς έργασίες α ως γ για δύο πηνία.

### Σημείωση:

Θεωρούμε κατά προσέγγιση ότι τό βάρος κάθε πηνίου είναι ίσο μέ τό βάρος του σύρματός του, δηλαδή θεωρούμε άμελητέο τό βάρος του καρουλιού του πηνίου.

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΤΗ

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΑΠΛΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

#### 3.1 Σκοπός.

- Ή μέτρηση εντάσεων ρεύματος σέ άπλά κυκλώματα μέ κατάλληλη σύνδεση άμπερομέτρου.
- Ή επίδειξη του ρόλου του διακόπτη.
- Ή μέτρηση τάσεων σέ άπλά κυκλώματα ή άπευθείας σέ διάφορες πηγές μέ κατάλληλη σύνδεση βολτομέτρου.

#### 3.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Γιά τή μέτρηση τής έντάσεως ρεύματος στά κυκλώματα, χρησιμοποιούμε τά άμπερόμετρα, τά όποια μετρούν τίσ έντάσεις σέ άμπέρ (Α). "Όταν οί έντάσεις είναι μικρότερες, χρησιμοποιούνται άμπερόμετρα βαθμολογημένα σέ μιλλιαμπέρ (mA). Τά όργανα αυτά όνομάζονται μιλλιαμπερόμετρα.

Τά άμπερόμετρα χωρίζονται σέ δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στά άμπερόμετρα γιά τή μέτρηση συνεχούς ρεύματος (D.C. = Direct Current) καί
- στά άμπερόμετρα γιά τή μέτρηση έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C. = Alternating Current).

Τό άμπερόμετρο συνδέεται πάντοτε σέ σειρά μέ τό κύκλωμα του όποίου πρόκειται νά μετρήσει τήν ένταση I. Στά άπλά κυκλώματα, τό άμπερόμετρο δείχνει τήν ίδια τιμή του I ανεξάρτητα από τή θέση του άπλου κυκλώματος στην όποία συνδέεται. "Όταν τό άμπερόμετρο είναι συνεχούς ρεύματος, πρέπει νά συνδέεται έτσι, ώστε τό ρεύμα (μέ τή συμβατική φορά) νά τό διαρρέει από τόν άκροδέκτη (+) πρός τόν άκροδέκτη (-).

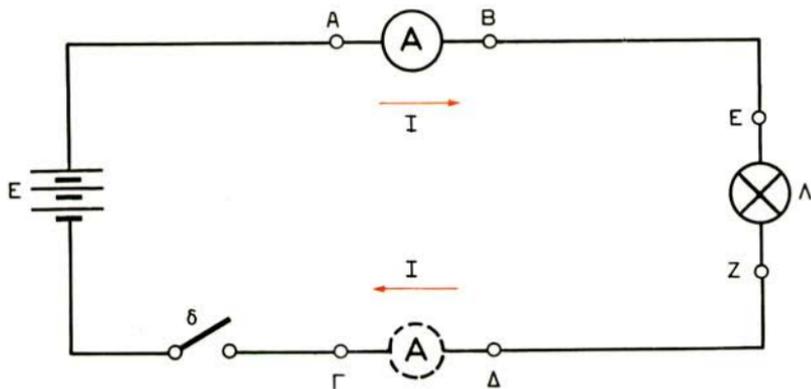
Στά ηλεκτρικά κυκλώματα ύπάρχει, συνήθως, καί ένας τουλάχιστον διακόπτης. "Όταν ό διακόπτης είναι κλειστός, τό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα, ένώ όταν ό διακόπτης είναι άνοικτός, διακόπτεται ή ροή του ρεύματος στο κύκλωμα.

Γιά τή μέτρηση τής τάσεως μιᾶς πηγῆς ἢ τής τάσεως μεταξύ δύο σημείων ἑνός κυκλώματος (π.χ. τής τάσεως στά ἄκρα μιᾶς λάμπας ἢ ἄλλου καταναλωτῆ) χρησιμοποιοῦμε τά βολτόμετρα. Τά βολτόμετρα μετροῦν τίς τάσεις σέ βόλτ (V). Ὄταν θέλομε νά μετρήσομε μικρές τάσεις, χρησιμοποιοῦμε τά μιλλιβολτόμετρα ( $1 \text{ μιλλιβόλτ} = 1 \text{ mV} = 1/1000 \text{ V}$ ).

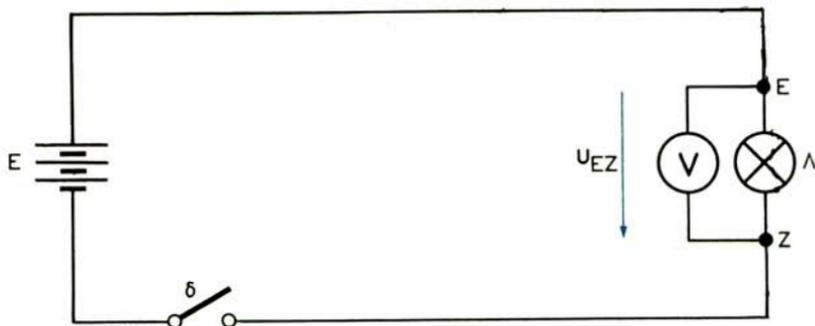
Ὅπως τά ἀμπερόμετρα, ἔτσι καί τά βολτόμετρα διακρίνονται σέ βολτόμετρα συνεχοῦς ρεύματος (D.C.) καί βολτόμετρα ἐναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).

Τά βολτόμετρα συνδέονται πάντοτε μεταξύ τῶν δύο σημείων (π.χ. μιᾶς πηγῆς ἢ μιᾶς καταναλώσεως), τῶν ὁποίων ζητοῦμε νά μετρήσομε τήν τάση (διαφορά δυναμικοῦ). Ὄταν τό βολτόμετρο εἶναι συνεχοῦς ρεύματος, ὁ ἀκροδέκτης μέ τό σύμβολο (+) συνδέεται μέ τό θετικό πόλο καί ὁ ἀκροδέκτης μέ τό (-) μέ τόν ἀρνητικό πόλο.

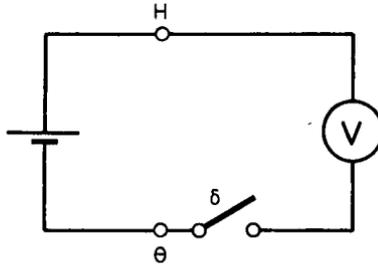
### 3.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 3.3α, 3.3β καί 3.3γ), ὄργανα καί ὑλικά.



Σχ. 3.3α.



Σχ. 3.3β.



Σχ. 3.3γ.

- Πηγή  $E = 12 \text{ V D.C.}$
- Λυχνία  $12 \text{ V, } 20 \text{ W.}$
- Λυχνία  $12 \text{ V, } 40 \text{ W.}$
- Άμπερόμετρο  $0 - 5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 - 15 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta.$
- Διάφοροι συσσωρευτές και ξηρά στοιχεία.

### Σημείωση:

Τά πειράματα μπορούν να εκτελεσθούν και με πηγή A.C. και όργανα μετρήσεως A.C.

## 3.4 Πορεία εργασίας.

### 3.4.1 Μετρήσεις έντασεων.

Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 3.3α με το άμπερόμετρο μεταξύ των σημείων A και B, τη λυχνία των  $20 \text{ W}$  μεταξύ E και Z και το διακόπτη  $\delta$  άνοικτό.

β) Μετρήστε την ένταση  $I$  και σημειώστε την στον Πίνακα 3.4.1.

γ) Κλείστε το διακόπτη  $\delta$ , μετρήστε την ένταση  $I$  και σημειώστε την στον Πίνακα 3.4.1.

δ) Άνοιξτε το διακόπτη, αντικαταστήστε τη λυχνία των  $20 \text{ W}$  με εκείνη των  $40 \text{ W}$  και επαναλάβετε τις εργασίες β και γ, μεταφέροντας τα αποτελέσματα στις κατάλληλες θέσεις του Πίνακα 3.4.1.

ε) Άνοιξτε το διακόπτη, συνδέστε το άμπερόμετρο μεταξύ των σημείων Γ και Δ (άντί των A,B) και επαναλάβετε τις εργασίες α,β,γ,δ συμπληρώνοντας κατάλληλα τον Πίνακα 3.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4.1.**

Άμπερόμετρο μεταξύ Α,Β				Άμπερόμετρο μεταξύ Γ,Δ			
Λυχνία 20 W		Λυχνία 40 W		Λυχνία 20 W		Λυχνία 40 W	
δ <sub>άνοικτ.</sub>	δ <sub>κλειστ.</sub>	δ <sub>άν.</sub>	δ <sub>κλ.</sub>	δ <sub>άνοικτ.</sub>	δ <sub>κλειστ.</sub>	δ <sub>άν.</sub>	δ <sub>κλ.</sub>
I=	I=	I=	I=	I=	I=	I=	I=

**3.4.2 Ό ρόλος του διακόπτη.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 3.3β με τή λυχνία των 20 W, τό βολτόμετρο στά άκρα της Ε,Ζ και τό διακόπτη δ άνοικτό.

β) Μετρήστε τήν τάση  $U_{ΕΖ}$  μεταξύ των άκρων τής λυχνίας και σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 3.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4.2.**

Λυχνία 20 W		Λυχνία 40 W	
δ <sub>άν.</sub>	δ <sub>κλ.</sub>	δ <sub>άν.</sub>	δ <sub>κλ.</sub>
$U_{ΕΖ}(V)$	$U_{ΕΖ}(V)$	$U_{ΕΖ}(V)$	$U_{ΕΖ}(V)$

γ) Κλείστε τό διακόπτη δ, μετρήστε τήν τάση  $U_{ΕΖ}$  και σημειώστε την στόν Πίνακα 3.4.2.

δ) Άνοιξτε τό διακόπτη, άντικαταστήστε τή λυχνία των 12 V, 20 W με εκείνη των 12 V, 40 W και έπαναλάβετε τίσ έργασίες β,γ.

**3.4.3 Μετρήσεις τάσεων.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 3.3γ με άνοικτό τό διακόπτη δ και ένα ξηρό στοιχείο στή θέση τής πηγής.

β) Κλείστε τό διακόπτη, μετρήστε τήν τάση στά άκρα του ξηρού στοιχείου και σημειώστε την στόν Πίνακα 3.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4.3.**

Είδος πηγής	Τάση $U_{ΗΘ}$ (V)
Ξηρό στοιχείο	

γ) 'Ανοίξτε τό διακόπη, αντικαταστήστε τήν πηγή (π.χ. μέ άλλο ξηρό στοιχείο ή συσσωρευτή) καί έπαναλάβετε τήν έργασία β.

δ) 'Επαναλάβετε τήν έργασία γ μέ άλλες πηγές τοῦ εργαστηρίου.

**ΑΣΚΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΗ**  
**ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ**  
**ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ**

**4.1 Σκοπός.**

- ‘Η πειραματική διαπίστωση ότι, όταν εφαρμοσθεί ή ίδια τάση σε διάφορους καταναλωτές, οι καταναλωτές διαρρέονται από διαφορετικές εντάσεις ρεύματος, δηλαδή έχουν διαφορετική αντίσταση.
- ‘Η πειραματική μελέτη της μεταβολής της εντάσεως που περνά μέσα από έναν καταναλωτή, όταν μεταβάλλεται ή τάση που επικρατεί στους άκροδέκτες του και ή έπαλήθευση του νόμου του “Ωμ.
- ‘Ο πειραματικός προσδιορισμός αντιστάσεων με τή μέθοδο βολτομέτρου - άμπερομέτρου.

**4.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.**

“Όταν στά άκρα ενός άγωγιμου σώματος, δηλαδή καλού άγωγού του ήλεκτρισμού, εφαρμοσθεί όρισμένη τάση  $U$ , από τό σώμα περνά ήλεκτρικό ρεύμα εντάσεως  $I$ . Τό ήλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ήλεκτρονίων μέσα από τούς άγωγούς και γενικότερα μέσα από τά σώματα.

‘Η ροή των ήλεκτρονίων έμποδίζεται από τά μόρια του σώματος, έπάνω στά όποια προσκρούουν’κάθε τόσο τά κινούμενα ήλεκτρόνια, με άποτέλεσμα νά θερμαίνεται τό σώμα. Κάθε άγωγός και γενικότερα κάθε σώμα παρουσιάζει μία όρισμένη αντίσταση στό πέρασμα του ήλεκτρικού ρεύματος.

Τό σύμβολο της ήλεκτρικής αντίστάσεως είναι τό  $R$  και ή μονάδα μετρήσεως της τό ώμ ( $\Omega$ ).

Σύμφωνα με τό νόμο του “Ωμ, ή αντίσταση  $R$  ενός καταναλωτή δίνεται από τή σχέση:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

όπου:  $U$  ή τάση στα άκρα του καταναλωτή, σε  $V$  και

$I$  ή ένταση που διαρρέει τον καταναλωτή, σε  $A$ .

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι μπορούμε να προσδιορίσουμε πειραματικά την αντίσταση ενός καταναλωτή, αν μετρήσουμε με ένα βολτόμετρο την τάση  $U$  στα άκρα του και με ένα άμπερόμετρο την ένταση  $I$  που τον διαρρέει.

Εκτός από την παραπάνω σχέση, ο νόμος του Ωμ εκφράζεται και με τις ακόλουθες μορφές:

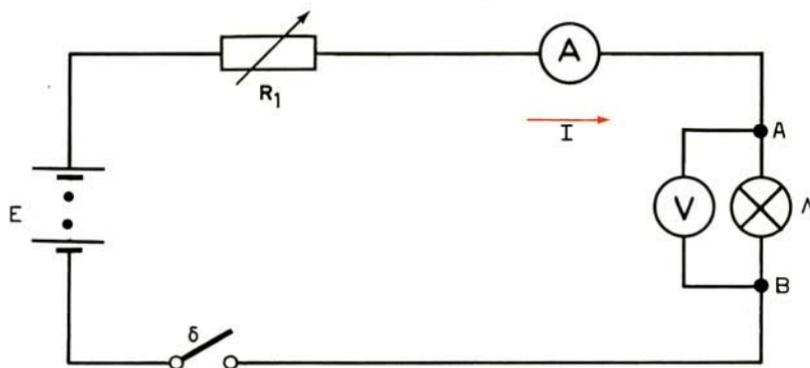
$$U = I \cdot R \quad (2)$$

και 
$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

Στό έργοστήριο θά προσδιορισθεῖ πειραματικά, με τή χρησιμοποίηση βολτομέτρου και άμπερομέτρου και με τή βοήθεια του νόμου του Ωμ, ή αντίσταση διαφόρων καταναλωτών (καί συγκεκριμένα τριών λυχνιών πυρακτώσεως). Επίσης θά εξετασθεῖ ή μεταβολή τής έντάσεως  $I$  που περνά από έναν καταναλωτή, όταν μεταβάλλεται ή τάση  $U$ , που εφαρμόζεται σ' αυτόν.

### 4.3 Απαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά.

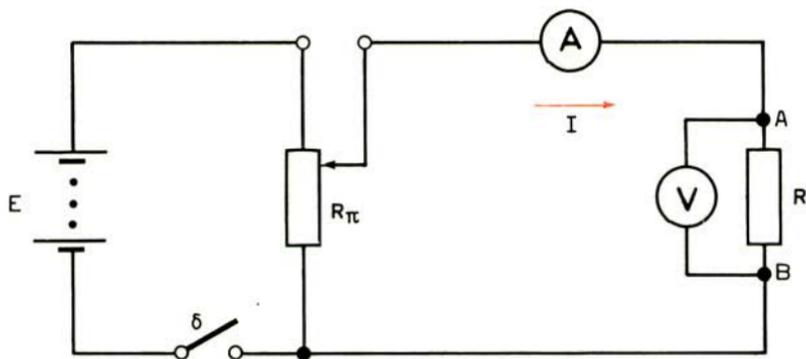
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 4.3α.



Σχ. 4.3α.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_1, 0 \div 400 \ \Omega, 0,6 \text{ A.}$
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1 : 220 \text{ V}, 40 \text{ W},$   
 $\Lambda_2 : 220 \text{ V}, 60 \text{ W},$   
 $\Lambda_3 : 220 \text{ V}, 100 \text{ W.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta.$

**Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 4.3β.**



Σχ. 4.3β.

- Πηγή  $E = 100 \text{ V D.C.}$
- Καταμεριστής τάσεως  $R_{\pi}, 0 \div 100 \ \Omega, 2 \text{ A.}$
- Σταθερή αντίσταση  $R = 150 \ \Omega, 0,7 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 100 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta.$

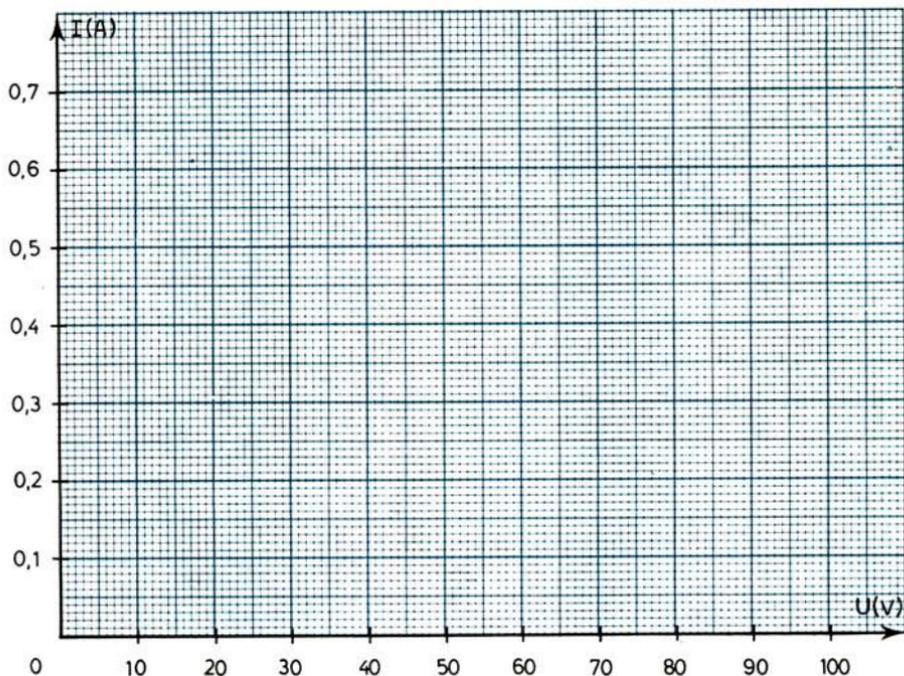
#### **Παρατήρηση:**

Ή άσκηση για τις συνδεσμολογίες των σχημάτων 4.3α και 4.3β μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγές A.C. και όργανα μετρήσεως A.C.

### **4.4 Πορεία εργασίας.**

#### **4.4.1 Για τή συνδεσμολογία του σχήματος 4.3α.**

- a) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 4.3α με τή λυχνία



Σχ. 4.3γ.

Μεταβολή της έντασης  $I$  με την τάση  $U$ .

$\Lambda_1$  μεταξύ των σημείων  $A$  και  $B$ , τό ροοστάτη  $R_1$  βραχυκυκλωμένο (δηλαδή  $R_1 = 0$ ) και τό διακόπη  $\delta$  άνοικτό.

β) Κλείστε τό διακόπη  $\delta$ , μετρήστε τό ρεύμα  $I$  πού περνά από τή λυχνία  $\Lambda_1$  και την τάση  $U$  στά άκρα της και σημειώστε τις τιμές τους στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 4.4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1.

Μέγεθος	Λυχνία $\Lambda_1$	Λυχνία $\Lambda_2$	Λυχνία $\Lambda_3$
Τάση $U$ (V)			
Ένταση $I$ (A)			
Αντίσταση $R$ ( $\Omega$ )			

γ) Υπολογίστε την αντίσταση  $R$  της λυχνίας  $\Lambda_1$  από τό νόμο του Ωμ και σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 4.4.1.

δ) Άνοιξτε τὸ διακόπτη δ καὶ ἀντικαταστήστε τὴ λυχνία  $\Lambda_1$  μὲ τὴν  $\Lambda_2$ .

ε) Ἐπαναλάβετε τὶς ἐργασίες β καὶ γ γιὰ τὴ λυχνία  $\Lambda_2$ .

στ) Άνοιξτε τὸ διακόπτη δ καὶ ἀντικαταστήστε τὴ λυχνία  $\Lambda_2$  μὲ τὴν

$\Lambda_3$ .

ζ) Ἐπαναλάβετε τὶς ἐργασίες β καὶ γ γιὰ τὴ λυχνία  $\Lambda_3$ .

η) Νὰ αὐξήσετε σιγά - σιγά τὴν τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ροοστάτη  $R_1$  ἀπὸ τὴν τιμὴ 0 μέχρι τὴ μέγιστη τιμὴ τῆς καὶ παρατηρήστε τὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως  $I$  καὶ τῆς λαμπρότητας τῆς λυχνίας  $\Lambda_3$  (ἀνάλογα βέβαια ἰσχύουν καὶ γιὰ τὶς  $\Lambda_1$  καὶ  $\Lambda_2$ ).

#### 4.4.2 Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 4.3β.

α) Συνδεσμολογήστε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 4.3β μὲ μηδενικὴ τὴν  $R_{\Pi}$ , ὥστε ὁ καταμεριστὴς νὰ δίνει  $U = 0$  καὶ τὸ διακόπτη δ ἀνοικτὸ.

β) Κλείστε τὸ διακόπτη δ, μετρήστε τὸ ρεῦμα  $I$  καὶ σημειώστε τὸ στὴν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 4.4.2.

γ) Μετακινήστε τὸ δρομέα τοῦ καταμεριστῆ, ὥστε τὸ βολτόμετρο νὰ δείξει  $U = 10 \text{ V}$  καὶ σημειώστε τὸ ἀντίστοιχο ρεῦμα  $I$  στὸν Πίνακα 4.4.2.

δ) Ἐπαναλάβετε τὴν παραπάνω ἐργασία γιὰ  $U = 20 \text{ V}$ , γιὰ  $U = 30 \text{ V}$  κ.ο.κ. μέχρι  $U = 100 \text{ V}$ .

ε) Ὑπολογίστε μὲ τὸ νόμο τοῦ Ὠμ τὴν τιμὴ τῆς  $R$  γιὰ κάθε περίπτωσι (ἐκτὸς ἀπὸ τὴν πρώτη) καὶ σημειώστε τὴν στὶς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 4.4.2. Συγκρίνετε τὶς τιμές αὐτές μὲ τὴ γνωστὴ τιμὴ τῆς  $R$ .

στ) Παραστήστε γραφικὰ στὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 4.3γ τὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως ρεύματος  $I$  ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάση  $U$  στὰ ἄκρα τῆς  $R$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.2.

α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U(V)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I(A)											
R(Ω)	—										

## ΑΣΚΗΣΗ ΠΕΜΠΤΗ

### ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΟΥ

#### 5.1 Σκοπός.

Ἡ πειραματική ἀπόδειξη ὅτι ἡ ἀντίσταση ἑνὸς σύρματος αὐξάνεται ἀνάλογα μὲ τὸ μήκος του καὶ ὅτι ἡ ἀντίσταση αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὑλικὸ τοῦ σύρματος.

#### 5.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες.

Ἡ ἀντίσταση ἑνὸς σύρματος ἐξαρτᾶται:

α) Ἀπὸ τὶς φυσικὲς ἰδιότητες τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ κράματος ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο καὶ

β) ἀπὸ τὶς γεωμετρικὲς του διαστάσεις, δηλαδὴ τὸ μήκος του  $l$  καὶ τὸ ἔμβαδὸν  $S$  τῆς διατομῆς του.

Ἡ ἀντίσταση  $R$  σύρματος δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

ὅπου:  $\rho$  ἡ εἰδικὴ ἀντίσταση τοῦ ὑλικοῦ τοῦ σύρματος, σέ  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ , ἡ ὁποία εἶναι σταθερὴ γιὰ ὁρισμένο ὑλικό,  
 $l$  τὸ μήκος τοῦ σύρματος, σέ  $\text{m}$  καὶ  
 $S$  ἡ διατομὴ τοῦ σύρματος, σέ  $\text{mm}^2$ .

Τὸ ἔμβαδὸν  $S$  τῆς διατομῆς βρίσκεται ἀπὸ τὴ σχέση:

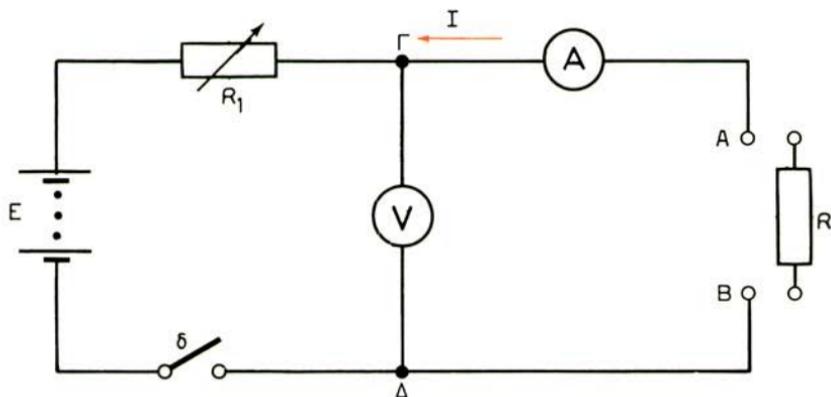
$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{σέ } \text{mm}^2 \quad (2)$$

ὅπου  $d$  ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος, σέ  $\text{mm}$ .

Στὸ ἐργαστήριον θὰ μελετήσουμε πειραματικὰ τὴν ἐπίδραση τοῦ μήκους  $l$  καὶ τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως  $\rho$  στὴν ἀντίσταση  $R$  σέ δύο περιπτώσεις: γιὰ σύρματα ἀπὸ χρωμονικελίνη καὶ γιὰ σύρματα ἀπὸ καντάλ.

Στήν επόμενη άσκηση θα μελετήσουμε την επίδραση της διατομής  $S$  στην  $R$ .

### 5.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 5.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 5.3β και 5.3γ).



Σχ. 5.3α.

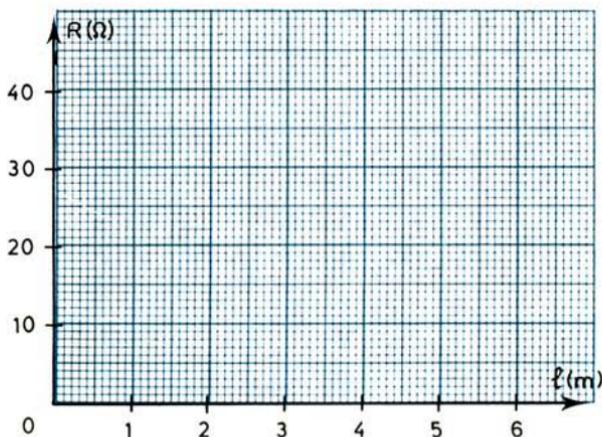
- Πηγή  $E = 100 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_1$ ,  $0 \div 70 \Omega$ ,  $2,5 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 100 \text{ V D.C.}$
- Άγωγοί χρωμονικελίνης με διάμετρο  $0,40 \text{ mm}$  και μήκος  $1 \text{ m}$ ,  $2 \text{ m}$ ,  $3 \text{ m}$ ,  $4 \text{ m}$ .
- Άγωγοί από τό κράμα καντάλ με διάμετρο  $0,40 \text{ mm}$  και μήκος  $1 \text{ m}$ ,  $2 \text{ m}$ ,  $3 \text{ m}$ ,  $4 \text{ m}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

#### Παρατήρηση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγή A.C. και όργανα μετρήσεως A.C.

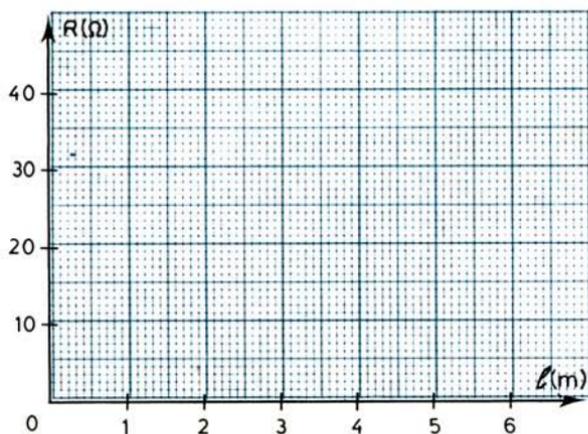
### 5.4 Πορεία εργασίας.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 5.3α με άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ , προσέχοντας, ώστε να παρεμβάλλεται στο κύκλωμα **δλη** η αντίσταση του ροοστάτη κατά την έναρξη της άσκησης.



Σχ. 5.3β.

Μεταβολή της  $R$  σύρματος χρωμονικελίνης με τό μήκος.



Σχ. 5.3γ.

Μεταβολή της  $R$  σύρματος από καντάλ με τό μήκος.

β) Συνδέστε στους άκροδέκτες Α, Β τό σύρμα χρωμονικελίνης πού έχει μήκος 1 m.

γ) Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα με τάση κλείνοντας τό διακόπτη δ.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή της αντίστασης  $R_1$  ώστε νά γίνει τό  $I = 1,5$  A.

ε) Μετρήστε τήν τάση  $U$  μεταξύ Γ, Δ καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 5.4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.1.

ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΔΙΑΤΟΜΗ (mm <sup>2</sup> )	ΜΗΚΟΣ (m)	I(A)	U <sub>ΓΔ</sub> (V)	R(Ω)
Χρωμονικελίνη	0,40		1	1,5		
»	0,40		2	1,5		
»	0,40		3	1,5		
»	0,40		4	1,5		

στ) Άνοιξε το διακόπτη δ, αντικαταστήστε το σύρμα με άλλο σύρμα χρωμονικελίνης με μήκος  $l = 2$  m και κλείστε το διακόπτη.

ζ) Έπαναλάβετε τις εργασίες δ και ε.

η) Έπαναλάβετε τις εργασίες δ,ε και στ με σύρματα με μήκος 3 m και 4 m.

θ) Εκτελέστε τις εργασίες β ως και η για τα σύρματα από καντάλ παρεμβάλλοντας αρχικά στο κύκλωμα **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη και συμπληρώστε τον Πίνακα 5.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.2.

ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΔΙΑΤΟΜΗ (mm <sup>2</sup> )	ΜΗΚΟΣ (m)	I(A)	U <sub>ΓΔ</sub> (V)	R(Ω)
Καντάλ	0,40		1	1,5		
»	0,40		2	1,5		
»	0,40		3	1,5		
»	0,40		4	1,5		

ι) Υπολογίστε τήν τιμή τής R για κάθε περίπτωση με τό νόμο του Ωμ συμπληρώνοντας κατάλληλα τούς Πίνακες 5.4.1 και 5.4.2.

ια) Παραστήστε γραφικά στά αντίστοιχα διαγράμματα τών σχημάτων 5.3β και 5.3γ τή μεταβολή τής R όταν μεταβάλλεται τό μήκος  $l$ .

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΚΤΗ

### ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

#### 6.1 Σκοπός.

- Η πειραματική απόδειξη ότι η αντίσταση ενός σύρματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το έμβασμόν τής διατομής του.
- Ό πειραματικός προσδιορισμός τής ειδικής αντίστασεως σύρματος από τό μήκος του, τό έμβασμόν τής διατομής του καί τήν ήλεκτρική του αντίσταση.

#### 6.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Όπως είναι γνωστό, ή αντίσταση  $R$  σύρματος δίνεται από τή σχέση:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

όπου:  $\rho$  ή ειδική αντίσταση του υλικού του σύρματος, σέ  $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ ,

$l$  τό μήκος του σύρματος, σέ  $\text{m}$  καί

$S$  ή διατομή του σύρματος, σέ  $\text{mm}^2$ .

Τό έμβασμόν  $S$  τής διατομής του σύρματος δίνεται από τή σχέση:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{σέ } \text{mm}^2 \quad (2)$$

όπου  $d$  ή διάμετρος του σύρματος, σέ  $\text{mm}$ .

“Αν μετρήσομε τό μήκος του σύρματος καί τήν ήλεκτρική του αντί-

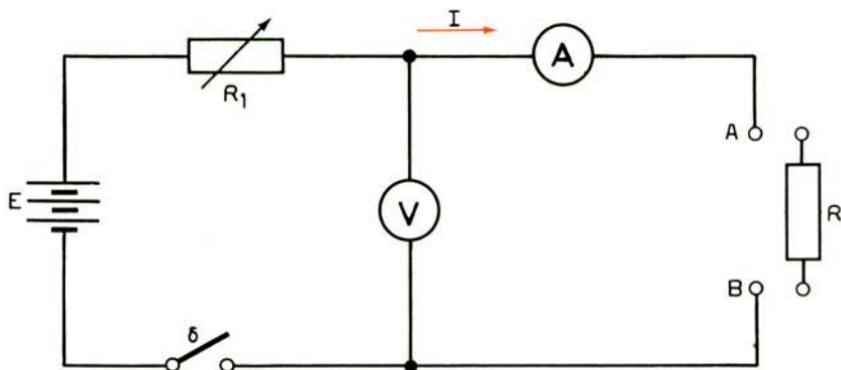
σταση και γνωρίζουμε τη διατομή του, μπορούμε να υπολογίσουμε την ειδική του αντίσταση από τη σχέση:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad (3)$$

στην οποία τα μεγέθη και οι μονάδες τους είναι εκείνα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε πειραματικά την επίδραση της διατομής  $S$  στην αντίσταση  $R$  και θα προσδιορίσουμε την ειδική αντίσταση  $\rho$  του υλικού του σύρματος.

### 6.3 Απαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 6.3α), όργανα και υλικά. Διάγραμμα (σχ. 6.3β).

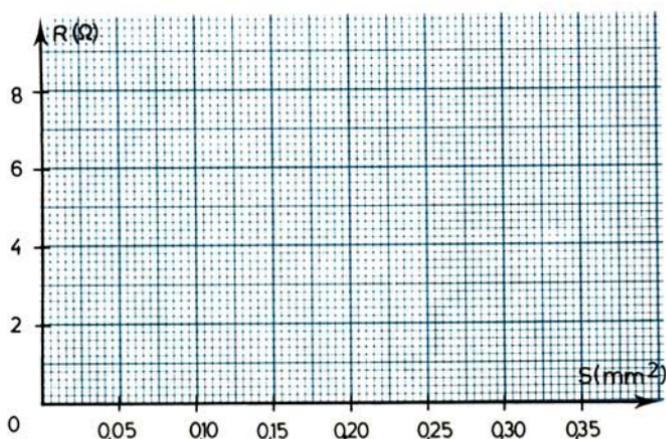


Σχ. 6.3α.

- Πηγή  $E = 30 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_1$ ,  $0 \div 30 \ \Omega$ ,  $2,5 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 30 \text{ V D.C.}$
- Άγωγοί χρωμονικελίνης με μήκος  $1 \text{ m}$  και διάμετρο  $0,6 \text{ mm}$ ,  $0,5 \text{ mm}$ ,  $0,4 \text{ mm}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

#### Παρατήρηση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγή A.C. και βολτόμετρο και άμπερόμετρο A.C.



Σχ. 6.3β.

Μεταβολή της  $R$  σύρματος χρωμονικελίνης με τη διατομή.

#### 6.4 Πορεία εργασίας.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 6.3α με άνοικτό τό διακόπη  $\delta$ , προσέχοντας, ὥστε νά παρεμβάλλεται στό κύκλωμα **δλη** ἡ αντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_1$ .

β) Συνδέστε μεταξύ τῶν άκροδεκτῶν A,B τό σύρμα χρωμονικελίνης με διάμετρο 0,6 mm. Ὑπολογίστε τή διατομή του άπό τή σχέση (2) τῆς παραγράφου 6.2 καί σημειῶστε την στόν Πίνακα 6.4.1.

γ) Τροφοδοτήστε τό κύκλωμα κλείνοντας τό διακόπη  $\delta$ .

δ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς αντίστασεως  $R_1$  ὥστε τό ρεῦμα νά γίνει 1,5 A.

ε) Μετρήστε τήν τάση U μεταξύ Γ,Δ καί σημειῶστε την στόν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 6.4.1.

στ) Ἀνοιξτε τό διακόπη  $\delta$  καί ἐπαναλάβετε τίς εργασίες β,γ,δ,ε γιά τό σύρμα χρωμονικελίνης διαμέτρου 0,5 mm.

ζ) Ἀνοιξτε τό διακόπη καί ἐπαναλάβετε τίς εργασίες β,γ,δ,ε γιά τό σύρμα χρωμονικελίνης διαμέτρου 0,4 mm.

η) Ὑπολογίστε τήν τιμή τῆς  $R$  γιά κάθε περίπτωση με τό νόμο τοῦ Ὠμ καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 6.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4.1.**

ΥΛΙΚΟ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΔΙΑΤΟΜΗ (mm <sup>2</sup> )	I(A)	U <sub>ΓΔ</sub> (V)	R(Ω)
Χρωμονικελίνη	1	0.60		1,5		
»	1	0.50		1,5		
»	1	0.40		1,5		

θ) Παραστήστε γραφικά στο διάγραμμα του σχήματος 6.3β τη μεταβολή της  $R$  όταν μεταβάλλεται ή διατομή  $S$  του σύρματος.

ι) Υπολογίστε την ειδική αντίσταση  $\rho$  της χρωμονικελίνης (μέ βάση τα μεγέθη που αντιστοιχοῦν στήν περίπτωση του σύρματος  $d = 0,4$  mm) από τη σχέση (3) της παραγράφου 6.2 καί σημειώστε την ἐδῶ:

$\rho = \dots$

---

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΒΔΟΜΗ

### ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

#### 7.1 Σκοπός.

- Η πειραματική διαπίστωση ότι η αντίσταση των αγωγών αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία.
- Ο ύπολογισμός της θερμοκρασίας στην οποία φθάνει κατά τη λειτουργία του ένα πηνίο από τις τιμές της αντιστάσεώς του στην αρχική και την τελική θερμοκρασία.

#### 7.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Η ηλεκτρική αντίσταση που παρουσιάζουν οι αγωγοί κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από μέσα τους, οφείλεται στις συγκρούσεις των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα μόρια του σώματος.

Όταν η θερμοκρασία του αγωγού αυξάνεται, οι συγκρούσεις γίνονται περισσότερες και επομένως και η αντίστασή του  $R$  αυξάνεται.

Αν στη θερμοκρασία  $\theta_1$  η αντίσταση ενός αγωγού είναι  $R_{\theta_1}$ , και στη θερμοκρασία  $\theta_2$  η αντίστασή του είναι  $R_{\theta_2}$ , ισχύει η σχέση:

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] \quad (1)$$

όπου  $\alpha$  είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας σε  $1^\circ\text{C}$ , ο οποίος δίνεται από πίνακες για τα διάφορα υλικά.

Αν την προηγούμενη σχέση λύσουμε ως προς  $\theta_2$ , θα έχουμε:

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_{\theta_2} - R_{\theta_1}}{\alpha \cdot R_{\theta_1}} \quad (2)$$

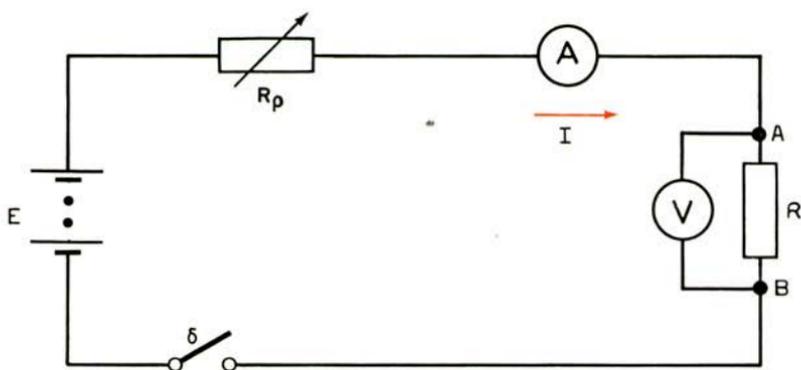
Δηλαδή μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία  $\theta_2$  όταν είναι γνωστές οι αντιστάσεις  $R_{\theta_2}$ ,  $R_{\theta_1}$ , ο συντελεστής θερμοκρασίας  $\alpha$  και η αρχική θερμοκρασία  $\theta_1$ .

Στό εργαστήριο θά μελετήσουμε πειραματικά τή μεταβολή τῆς ἀντιστάσεως  $R$  ἑνός σύρματος χρωμονικελίνης καί τοῦ νήματος μιᾶς λυχνίας πυρακτώσεως, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔνταση ρεύματος  $I$ , δηλαδή ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία. Στήν περίπτωση τῆς λυχνίας πυρακτώσεως θά γίνει καί σχετικό διάγραμμα τῆς μεταβολῆς τοῦ  $I$  μέ τήν τάση  $U$ .

Ἐπίσης θά προσδιορισθεῖ ἀρχικά ἡ ἀντίσταση  $R_{\theta_1}$  ἑνός πηνίου ὅταν περνᾷ ἀπό αὐτό ἕνα μικρό ρεῦμα  $I_1$ , ὁπότε ἡ θερμοκρασία του εἶναι περίπου ἴση μέ τή θερμοκρασία  $\theta_1$  τοῦ περιβάλλοντος. Στή συνέχεια θά ἀφήσουμε τό πηνίο νά λειτουργήσῃ γιά ἕνα χρονικό διάστημα μέ σημαντικά μεγαλύτερη ἔνταση  $I_2$  (πάντως ὁμως μικρότερη ἀπό τή μέγιστη ἔνταση πού ἐπιτρέπεται νά περάσει ἀπ' αὐτό) καί θά προσδιορίσουμε τήν ἀντίσταση  $R_{\theta_2}$  καί τήν ἀντίστοιχη θερμοκρασία  $\theta_2$  τοῦ πηνίου.

### 7.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 7.3α, 7.3β καί 7.3γ), ὄργανα καί ὑλικά. Διάγραμμα (σχ. 7.3δ).

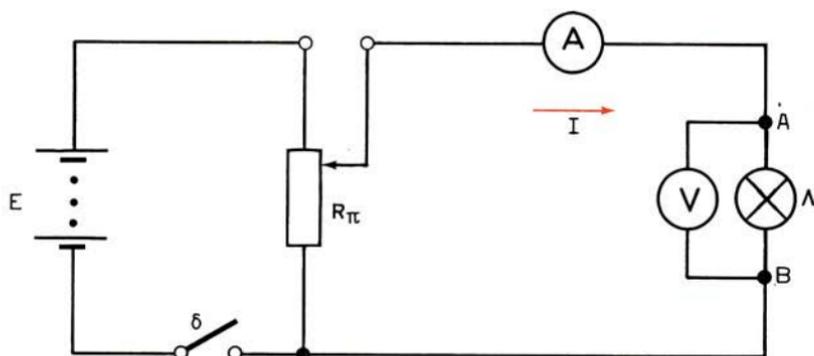
Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 7.3α.



Σχ. 7.3α.

- Πηγή  $E = 60 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 60 \Omega$ ,  $5 \text{ A}$ .
- Ἀντίσταση  $R$  (σύρμα χρωμονικελίνης μέ διάμετρο  $d = 0,40 \text{ mm}$  καί μήκος  $l = 1 \text{ m}$ ).
- Ἀμπερόμετρο  $0 \div 5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 60 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

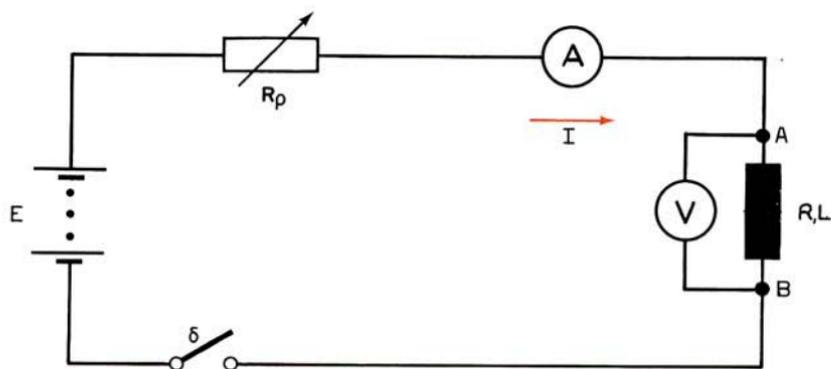
Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 7.3β.



Σχ. 7.3β.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Καταμεριστής τάσεως  $R_{\pi}$ ,  $0 \div 240 \Omega$ ,  $2 \text{ A.}$
- Λυχνία παρακτώσεως  $\Lambda$ ,  $220 \text{ V}$ ,  $200 \text{ W.}$
- Ἀμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 7.3γ.



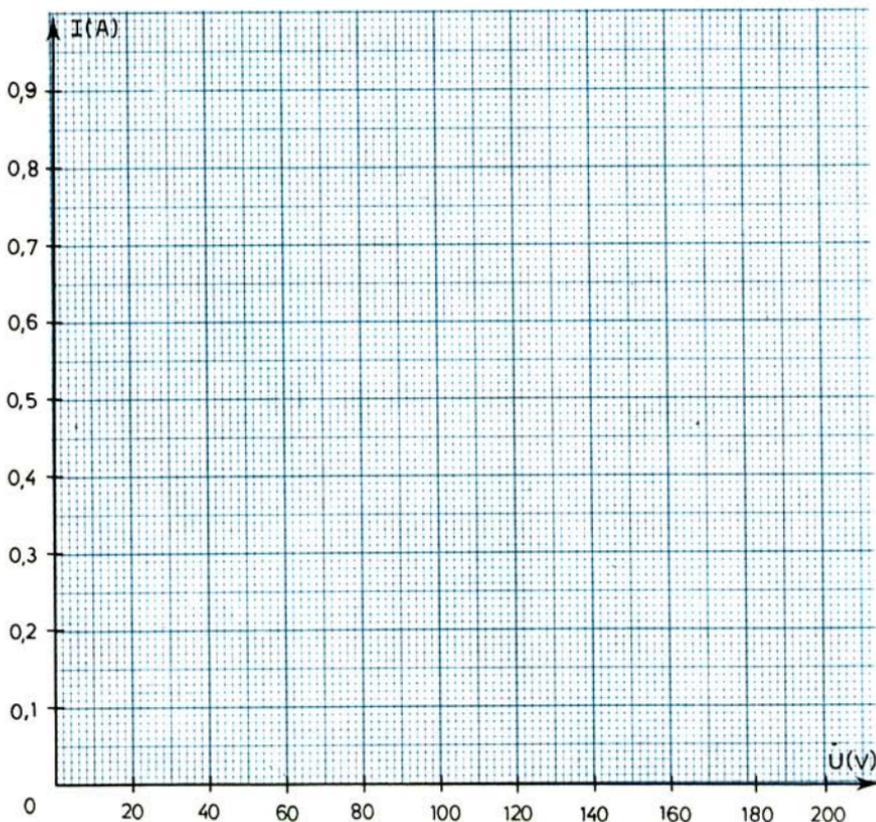
Σχ. 7.3γ.

- Πηγή  $E = 40 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 400 \Omega$ ,  $1 \text{ A.}$

- Πηνίο από χάλκινο σύρμα με διάμετρο  $d = 0,65 \text{ mm}$  και με 1200 σπείρες.
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 15 \text{ V D.C.}$  ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεως.
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Παρατήρηση:

Τά πειράματα τῶν συνδεσμολογιῶν τῶν σχημάτων 7.3α καί 7.3β μποροῦν νά ἐκτελεσθοῦν καί μέ πηγές A.C. καί ὄργανα μετρήσεως A.C., ἐνῶ τό πείραμα τῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 7.3γ μόνο μέ D.C. γιατί ὑπάρχει τό πηνίο (τοῦ ὁποῖου ἡ συμπεριφορά στό A.C. εἶναι διαφορετική).



Σχ. 7.36.

Μεταβολή τῆς ἐντάσεως  $I$  μέ τήν τάση  $U$  λυχνίας.

## 7.4 Πορεία εργασίας.

### 7.4.1 Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 7.3α.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 7.3α παρεμβάλλοντα **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_\rho$  καί μέ άνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ καί μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τής  $R_\rho$ , ώστε ή ένταση I πού περνά άπό τό κύκλωμα νά γίνει 1 A.

γ) Μετρήστε τήν τάση U στά άκρα τής R (του σύρματος χρωμονικελίνης) καί σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 7.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.1.**

Μέγεθος	Σύρμα ψυχρό	Σύρμα θερμό
Τάση U (V)		
Ένταση I (A)	1	4
Άντίσταση R ( $\Omega$ )		

δ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τής  $R_\rho$  ώστε ή ένταση I νά γίνει 4 A. Θα παρατηρήσετε ότι τό σύρμα χρωμονικελίνης έχει έρυθροπωθει άπό τήν αύξηση τής θερμοκρασίας του.

ε) Μετρήστε τήν τάση U στά άκρα του σύρματος όταν I = 4 A καί σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 7.4.1.

στ) Υπολογίστε μέ τό νόμο του Ωμ τήν αντίσταση R του σύρματος στις δύο περιπτώσεις (σέ ψυχρή καί σέ θερμή κατάσταση) καί συμπληρώστε τίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 7.4.1.

### 7.4.2 Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 7.3β.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 7.3β μέ μηδενική τήν  $R_\pi$  (ώστε ό καταμεριστής τάσεως νά δίνει U = 0) καί άνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ, μετρήστε τό ρεύμα I καί σημειώστε το στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 7.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.2.**

α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U (V)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
I (A)												
R ( $\Omega$ )	—											

γ) Μετακινήστε τό δρομέα τοῦ καταμεριστῆ, ὥστε τό βολτόμετρο νά δείξει  $U = 20 \text{ V}$  καί σημειώστε τό ἀντίστοιχο ρεύμα  $I$  στόν Πίνακα 7.4.2.

δ) Ἐπαναλάβετε τά ἀναφερόμενα στήν ἐργασία γ γιά  $U = 40 \text{ V}$ ,  $U = 60 \text{ V}$  κ.ο.κ. μέχρι  $U = 220 \text{ V}$  (μέ βήματα τῶν  $20 \text{ V}$ ). Ἐπειδή ὅσο αὐξάνεται τό  $U$  αὐξάνεται καί τό  $I$ , συνεπάγεται ὅτι τό νῆμα τῆς λυχνίας θερμαίνεται ὄλο καί περισσότερο.

ε) Ὑπολογίστε μέ τό νόμο τοῦ Ὠμ τήν τιμή τῆς  $R$  τῆς λυχνίας γιά κάθε περίπτωση (ἐκτός ἀπό τήν πρώτη) καί σημειώστε τήν στίς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 7.4.2.

στ) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 7.3δ τή μεταβολή τῆς ἐντάσεως ρεύματος  $I$  ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάση  $U$  στά ἄκρα τῆς λυχνίας.

### 7.4.3 Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 7.3γ.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 7.3γ παρεμβάλλοντας **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$  καί μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλειστε τό διακόπτη δ καί μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$  ὥστε ἡ ἔνδειξη τοῦ ἀμπερομέτρου νά εἶναι ἴση μέ  $I_1 = 0,1 \text{ A}$ .

γ) Μετρήστε τή θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\theta_1$  καί τήν τάση  $U_1$  στά ἄκρα τοῦ πηνίου καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 7.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.3.**

$\theta_1$ (°C)	$U_1$ (V)	$I_1$ (A)	$R_{\theta_1}$ (Ω)	
		0,1		
$U_2$ (V)	$I_2$ (A)	$R_{\theta_2}$ (Ω)	$\alpha$ (1/°C)	$\theta_2$ (°C)
	0,8		0,00392	

δ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$  ὥστε ἡ ἔνταση νά γίνει  $I_2 = 0,8 \text{ A}$  καί ἀφήστε τό πηνίο νά λειτουργήσῃ μέ τήν ἔνταση αὐτή γιά 15 πρῶτα λεπτά (min).

ε) Ἀφοῦ περάσουν τά 15 min, μετρήστε τήν τάση  $U_2$  τοῦ πηνίου καί σημειώστε τήν στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 7.4.3.

στ) Ὑπολογίστε μέ τό νόμο τοῦ Ὠμ τίς ἀντιστάσεις  $R_{\theta_1}$ ,  $R_{\theta_2}$  τοῦ πηνίου στίς δύο περιπτώσεις καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 7.4.3.

ζ) Δεδομένου ότι ο συντελεστής θερμοκρασίας του χαλκού είναι  $\alpha = 0,00392$ , υπολογίστε τη θερμοκρασία  $\theta_2$  την οποία απέκτησε τό πηνίο μετά τη διέλευση του ρεύματος  $I_2 = 0,8 \text{ A}$  και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 7.4.3.

## ΑΣΚΗΣΗ ΟΓΔΟΗ

### ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΩΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

#### ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΤΟΥ Α΄ ΚΑΝΟΝΑ ΤΟΥ ΚΙΡΧΩΦ

##### 8.1 Σκοπός.

- Ή πειραματική μελέτη τής παράλληλης συνδέσεως αντίστασεων, ή μέτρηση τής έντάσεως πού διαρρέει κάθε αντίσταση καί τής τάσεως στά άκρα τής, καθώς καί ο προσδιορισμός τής ισοδύναμης αντίστασέως τους.
- Ή πειραματική επαλήθευση του Α΄ κανόνα του Kirchoff (Κίρχωφ) μέ βάση τήν όλική ένταση του κυκλώματος καί τής έντάσεις πού διαρρέουν τής αντίστασεις.
- Ή επίδειξη τής επίτευξεως ανεξάρτητης λειτουργίας τών συσκευών σέ παράλληλη σύνδεση μέ τήν τοποθέτηση ατομικών διακοπών.

##### 8.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Κατά τήν παράλληλη σύνδεση αντίστασεων, τά άκρα κάθε αντίστασεως συνδέονται σέ δύο κοινά γιά όλες σημεία πού όνομάζονται καί κόμβοι του κυκλώματος.

Οί τάσεις στά άκρα τών αντίστασεων πού συνδέονται παράλληλα εἶναι ἴσες. Γιά τήν περίπτωση τριών παραλλήλων αντίστασεων  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  θά ἔχομε:

$$U_1 = U_2 = U_3 = U \quad (1)$$

Σύμφωνα μέ τό νόμο του Ώμ, οί έντάσεις  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  πού διαρρέουν τής παράλληλα συνδεμένες αντίστασεις  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , εἶναι ἴσες μέ:

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} \quad (2)$$

Ή ισοδύναμη αντίσταση  $R$  τριών αντίστασεων  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , πού συν-

δέονται παράλληλα, δίνεται από τη σχέση:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (3)$$

Ἡ  $R$  ὑπολογιζόμενη με βάση τὸ νόμο τοῦ Ὠμ, προκύπτει ἀπὸ τὴ σχέση:

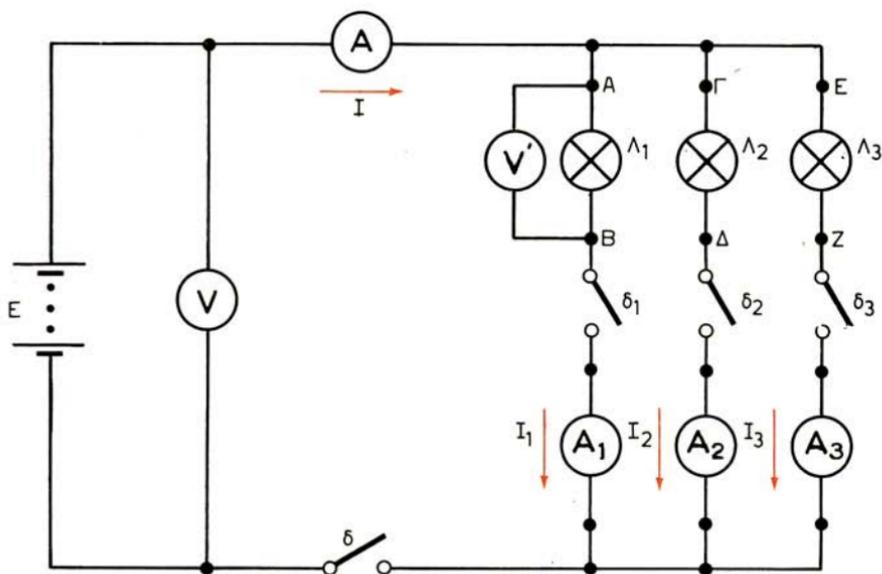
$$R = \frac{U}{I} \quad (4)$$

ὅπου:  $U$  ἡ κοινή τάση τῶν παράλληλων ἀντιστάσεων καὶ  
 $I$  ἡ ὀλική ἔνταση ρεύματος.

Ἄς ἀναλύσουμε τὸν Κίρχωφ λέει:

«Σὲ κάθε κόμβο κυκλώματος, τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων πού κατευθύνονται πρὸς τὸν κόμβο, ἰσοῦται μετὰ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων πού ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸν κόμβο».

### 8.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 8.3), ὄργανα καὶ ὑλικά.



Σχ. 8.3.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1: 220 \text{ V, } 40 \text{ W,}$   
 $\Lambda_2: 220 \text{ V, } 60 \text{ W,}$   
 $\Lambda_3: 220 \text{ V, } 100 \text{ W.}$
- Βολτόμετρα D.C.  $V: 0 \div 250 \text{ P,}$   
 $V': 0 \div 250 \text{ V.}$
- Άμπερόμετρα D.C.  $A: 0 \div 2,5 \text{ A,}$   
 $A_1: 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_2: 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_3: 0 \div 1 \text{ A.}$
- Διακόπτες  $\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3.$

### Παρατήρηση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγή A.C. και όργανα μετρήσεως A.C.

### 8.4 Πορεία εργασίας.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 8.3 με άνοικτο τό διακόπτη  $\delta$  και κλειστούς τους  $\delta_1, \delta_2, \delta_3.$

β) Κλείστε το διακόπτη  $\delta.$

γ) Μετρήστε την ολική ένταση  $I$  του κυκλώματος και ταυτόχρονα τις μερικές εντάσεις  $I_1, I_2, I_3$  σημειώνοντάς τις στις αντίστοιχες θέσεις των Πινάκων 8.4.1 και 8.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.4.1.

$I(\text{A})$	$I_1(\text{A})$	$I_2(\text{A})$	$I_3(\text{A})$	$I_1 + I_2 + I_3(\text{A})$

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.4.2.

$I(\text{A})$	$I_1(\text{A})$	$I_2(\text{A})$	$I_3(\text{A})$	$R(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$
$U(\text{V})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_3(\text{V})$		$1/R_1(\text{S})$	$1/R_2(\text{S})$	$1/R_3(\text{S})$
		$1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 (\text{S})$		$1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) (\Omega)$			

δ) Ὑπολογίστε τὸ ἄθροισμα  $I_1 + I_2 + I_3$  καὶ σημειώστε το στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 8.4.1. Συγκρίνετέ το μέ τὸ  $I$  ἐπαληθεύοντας ἔτσι πειραματικά τὸν Α΄ κανόνα τοῦ Κίρχωφ.

ε) Μετρήστε τὴν τάση  $U$  στοὺς πόλους τῆς πηγῆς (ἐνδειξη τοῦ βολτομέτρου  $V$ ) καὶ τὴν τάση  $U_1$  στὰ ἄκρα τῆς λυχνίας  $\Lambda_1$  (ἐνδειξη τοῦ βολτομέτρου  $V'$ ) καὶ συμπληρώστε τὶς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 8.4.2.

στ) Ἀνοίξτε τὸ διακόπη  $\delta$ , συνδέστε τὸ βολτόμετρο  $V'$  στὰ ἄκρα  $\Gamma, \Delta$  τῆς λυχνίας  $\Lambda_2$ , κλείστε τὸ διακόπη  $\delta$ , μετρήστε τὴν τάση  $U_2$  καὶ συμπληρώστε τὴν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 8.4.2.

ζ) Ἐπαναλάβετε τὰ ἀναφερόμενα στήν ἐργασία στ μέ τὸ βολτόμετρο  $V'$  μεταξύ  $E, Z$  καὶ μετρήστε τώρα τὴν τάση  $U_3$  τῆς λυχνίας  $\Lambda_3$ , συμπληρώνοντας τὴν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 8.4.2.

η) Ὑπολογίστε μέ τὸ νόμο τοῦ Ὠμ τὴν ἰσοδύναμη ἀντίσταση  $R$  καὶ τὶς ἀντιστάσεις  $R_1, R_2, R_3$  τῶν τριῶν λυχνιῶν καὶ σημειώστε τις στὶς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 8.4.2.

$$\theta) \text{ Ὑπολογίστε τὰ μεγέθη } \frac{1}{R_1}, \frac{1}{R_2}, \frac{1}{R_3}, \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

καὶ τέλος τό:

$$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

καὶ γράψτε τα στὶς οἰκεῖες θέσεις τοῦ Πίνακα 8.4.2.

$$i) \text{ Συγκρίνετε τὸ } R \text{ μέ τὸ } \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \text{ ἐπαληθεύοντας ἔτσι}$$

πειραματικά τὴ σχέση τῆς ἰσοδύναμης ἀντιστάσεως τῶν τριῶν ἀντιστάσεων σὲ παράλληλη σύνδεση [παράγρ. 8.2, σχέση (3)].

ια) Ἀνοίξτε τὸ διακόπη  $\delta_1$ . Παρατηρήστε ὅτι τώρα εἶναι  $I_1 = 0$  καὶ ἡ λυχνία  $\Lambda_1$  σβήνει; ἐνῶ οἱ ἄλλες δύο εἶναι ἀναμμένες.

ιβ) Ἀνοίγοντας ἢ κλείνοντας ἓναν ἢ δύο ἀπὸ τοὺς διακόπτες  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  παρατηρήστε τὴν ἀνεξάρτητη λειτουργία τῶν λυχνιῶν.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΑΤΗ

### ΣΥΝΔΕΣΗ ΩΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

### ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

### ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΕΩΣ ΣΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕΙΡΑΣ

#### 9.1 Σκοπός.

- Η πειραματική μελέτη της συνδέσεως αντιστάσεων σε σειρά, ή μέτρηση των τάσεων στα άκρα τους και ο προσδιορισμός της ολικής αντίστασής τους.
- Η πειραματική απόδειξη της πτώσεως τάσεως σε αντίσταση σειράς, ώστε ένας καταναλωτής να λειτουργεί με τάση μικρότερη από την τάση της πηγής.

#### 9.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, η τάση  $U$  στα άκρα μιας αντιστάσεως δίνεται από τη σχέση:

$$U = I \cdot R \quad \text{σέ } V \quad (1)$$

όπου:  $I$  ή ένταση ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση, σε  $A$  και  $R$  ή αντίσταση, σε  $\Omega$ .

Στήν περίπτωση κατά την οποία ορισμένες αντιστάσεις, π.χ. οι  $R_1, R_2, R_3$  συνδεθούν σε σειρά και διαρρέονται από ρεύμα έντάσεως  $I$ , οι τάσεις στα άκρα τους, σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, θα είναι:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2, \quad U_3 = I \cdot R_3 \quad (2)$$

Γιά τις τρεις τάσεις  $U_1, U_2, U_3$  ισχύει τότε:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U \quad (3)$$

όπου  $U$  ή τάση στους άκροδέκτες της πηγής που τροφοδοτεί τις τρεις αντιστάσεις σε σύνδεση σειράς.

Η ολική αντίσταση  $R$  των αντιστάσεων που έχουν συνδεθεί σε σειρά ισούται με το άθροισμά τους. Στήν περίπτωση τριών αντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3$  θα έχουμε:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (4)$$

Ἡ  $R$  ὑπολογιζόμενη με βάση τὸ νόμο τοῦ Ὠμ δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{σὲ } \Omega \quad (5)$$

ὅπου:  $U$  εἶναι ἡ ὀλική τάση τῶν τριῶν ἀντιστάσεων, σὲ  $V$  καὶ  $I$  ἡ ἔνταση ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸ κύκλωμά τους, σὲ  $A$ .

Στὸ συνεχές ρεῦμα ὅταν πρέπει νὰ τροφοδοτήσουμε ἕναν καταναλωτὴ (π.χ. λυχνία, ραδιόφωνο κλπ.) με τάση μικρότερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς, συνδέομε σὲ σειρά πρὸς τὸν καταναλωτὴ μία ἀντίσταση  $R_{\sigma}$  κατάλληλης τιμῆς, στὰ ἄκρα τῆς ὁποίας δημιουργεῖται μία πῶση τάσεως:

$$U_{\sigma} = I \cdot R_{\sigma} \quad (6)$$

ὅπου  $I$  ἡ ἔνταση ρεύματος πού διαρρέει τὸ κύκλωμα.

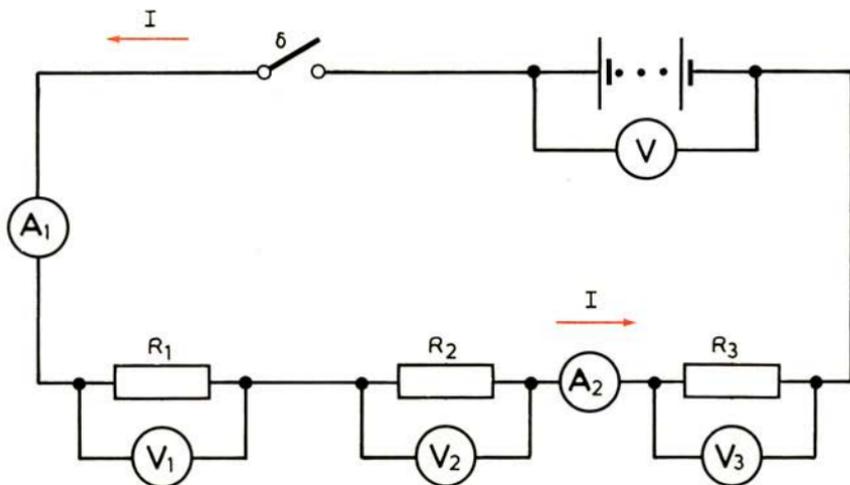
Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο ὁ καταναλωτὴς τροφοδοτεῖται με τάση:

$$U_{\kappa} = U - U_{\sigma} \quad (7)$$

ὅπου  $U$  εἶναι ἡ τάση τῆς πηγῆς.

### 9.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 9.3α καὶ 9.3β), ὄργανα καὶ ὑλικά.

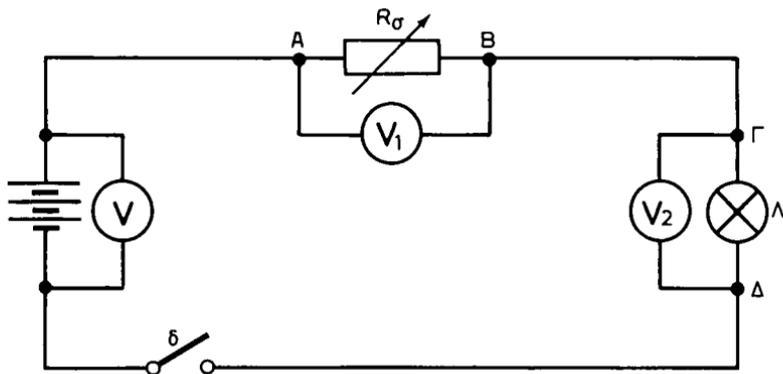
Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 9.3α.



Σχ. 9.3α.

- Πηγή  $E = 100 \text{ V D.C.}$
- Σταθερές αντιστάσεις:  $R_1 = 25 \Omega, 1 \text{ A,}$   
 $R_2 = 50 \Omega, 1 \text{ A,}$   
 $R_3 = 100 \Omega, 1 \text{ A.}$
- Βολτόμετρα D.C.:  $V : 0 \div 100 \text{ V,}$   
 $V_1 : 0 \div 30 \text{ V,}$   
 $V_2 : 0 \div 60 \text{ V,}$   
 $V_3 : 0 \div 100 \text{ V.}$
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A_1 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_2 : 0 \div 1 \text{ A.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 9.3β.**



**Σχ. 9.3β.**

- Πηγή  $E = 30 \text{ V D.C.}$
- Λυχνία  $\Lambda, 12 \text{ V, } 20 \text{ W.}$
- Ροοστάτης  $R_\sigma, 0 \div 25 \Omega, 2 \text{ A.}$
- Βολτόμετρα D.C.:  $V_1 : 0 \div 30 \text{ V, } V_2 : 0 \div 30 \text{ V, } V : 0 \div 30 \text{ V.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

### **Παρατήρηση:**

Η άσκηση των συνδεσμολογιών των σχημάτων 9.3α καί 9.3β μπορεί να εκτελεσθεί καί μέ πηγές A.C. καί όργανα μετρήσεως A.C.

## **9.4 Πορεία εργασίας.**

### **9.4.1 Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά.**

- a) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 9.3α μέ τήν πηγή

των 100 V D.C., χωρίς ακόμη να τό τροφοδοτήσετε με τάση (δηλαδή με άνοικτό τό διακόπτη δ).

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε τις έντάσεις των άμπερομέτρων  $A_1$  και  $A_2$  (οι όποιες πρέπει να είναι ίσες) και συμπληρώστε τή στήλη I του Πίνακα 9.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9.4.1.**

I(A)	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	U(V)	$U_1 + U_2 + U_3(V)$

δ) Μετρήστε τις ένδείξεις των βολτομέτρων  $V_1, V_2, V_3, V$  και συμπληρώστε τις αντίστοιχες θέσεις  $U_1, U_2, U_3, U$  του Πίνακα 9.4.1.

ε) Υπολογίστε τό άθροισμα  $U_1 + U_2 + U_3$  και συγκρίνετέ το με τό U (Πίνακας 9.4.1).

στ) Σημειώστε τις τιμές των σταθερών αντίστασεων  $R_1, R_2, R_3$  στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 9.4.2.

ζ) Υπολογίστε τά γινόμενα  $I \cdot R_1, I \cdot R_2, I \cdot R_3$  παίρνοντας τήν τιμή του I από τον Πίνακα 9.4.1 και σημειώστε τα στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 9.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9.4.2.**

$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$I \cdot R_1(V)$	$I \cdot R_2(V)$	$I \cdot R_3(V)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$
$R_1 + R_2 + R_3(\Omega)$		R( $\Omega$ )						

η) Σημειώστε τις τάσεις  $U_1, U_2, U_3$  στον Πίνακα 9.4.2 και συγκρίνετέ τις με τά γινόμενα  $I \cdot R_1, I \cdot R_2, I \cdot R_3$  αντίστοιχως, έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τό νόμο του "Ωμ.

θ) Υπολογίστε τό άθροισμα  $R_1 + R_2 + R_3$  και τήν όλική αντίσταση R από τή σχέση (5) τής παραγράφου 9.2. Σημειώστε τα στον Πίνακα 9.4.2 και συγκρίνετέ τα, έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά ότι  $R = R_1 + R_2 + R_3$  για άντιστάσεις σε σειρά.

### 9.4.2 Πτώση τάσεως σε άντίσταση σειράς.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 9.3β με άνοικτό τό διακόπτη δ παρεμβάλλοντας στο κύκλωμα **δλη** τήν άντίσταση του ροοστάτη  $R_\sigma$ .

β) Κλείστε τό διακόπτη δ καί μετρήστε τήν τάση  $U_2$  στά άκρα τής λυχνίας Λ.

γ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τής  $R_{\sigma}$ , ώστε ή τάση  $U_2$  αύξανόμενη νά γίνει ίση μέ τήν όνομαστική τάση λειτουργίας τής λυχνίας, δηλαδή  $U_2 = 12 \text{ V}$  καί σημειώστε την στόν Πίνακα 9.4.3.

δ) Όταν  $U_2 = 12 \text{ V}$ , μετρήστε τήν τάση  $U_1$  στά άκρα τοϋ ροοστάτη καί σημειώστε την στόν Πίνακα 9.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9.4.3.**

$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_1 + U_2(\text{V})$	$U(\text{V})$

ε) Ύπολογίστε τό άθροισμα  $U_1 + U_2$ , σημειώστε το στόν Πίνακα 9.4.3 καί συγκρίνετέ το μέ τήν τάση  $U$  τής πηγής.

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ

### ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΩΝ

#### 10.1 Σκοπός.

Ο προσδιορισμός της κατάλληλης έξωτερικής αντίστασης που απαιτείται κάθε φορά για την επέκταση της περιοχής μετρήσεως αμπερομέτρων και βολτομέτρων και η πειραματική επαλήθευση της επέκτασης αυτής.

#### 10.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Κάθε όργανο μετρήσεως (π.χ. αμπερόμετρο, βολτόμετρο κλπ.) είναι κατασκευασμένο για μία ορισμένη περιοχή μετρήσεως και μπορεί να μετρά τό αντίστοιχο μέγεθος μόνο εφόσον ή τιμή του μεγέθους βρίσκεται στην περιοχή μετρήσεως του όργανου.

Πολλές φορές είναι απαραίτητο να μετρήσουμε ένα μέγεθος του οποίου ή τιμή είναι έξω από την περιοχή μετρήσεως του όργανου που διαθέτουμε (καί συνήθως μεγαλύτερη από τή μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρήσει τό όργανο). Σ' αυτές τίς περιπτώσεις, αν δέν διαθέτουμε άλλο όργανο κατάλληλης περιοχής μετρήσεως, πρέπει να επέκτεινουμε τήν περιοχή μετρήσεως του όργανου.

Στήν περίπτωση αμπερομέτρου μέ περιοχή μετρήσεως από 0 ως  $I_0$  (A), για να επέκτεινουμε τήν περιοχή μετρήσεώς του, ώστε να μετρά από 0 ως  $I$  (A), πρέπει να συνδέσουμε μία αντίσταση  $R_\delta$  παράλληλα πρός τό όργανο. Τότε τό μέγιστο ρεύμα  $I$  που μπορεί να μετρά τό αμπερόμετρο δίνεται από τή σχέση:

$$I = I_0 \cdot \frac{R_0 + R_\delta}{R_\delta} \quad \text{σέ A} \quad (1)$$

όπου:  $I_0$  ή αρχική (κανονική) μέγιστη ένταση του ὄργανου, σέ A,  
 $R_\delta$  ή αντίσταση πού συνδέεται παράλληλα πρὸς τὸ ἀμπερό-  
 μετρο, σέ  $\Omega$  καί

$R_0$  ή ἔσωτερική αντίσταση τοῦ ἀμπερομέτρου, σέ  $\Omega$ .

Ἡ  $R_\delta$  ὀνομάζεται αντίσταση διακλαδώσεως ή Shunt, εἶναι συνήθως  
 πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν  $R_0$  καί δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$R_\delta = R_0 \cdot \frac{1}{n-1} \quad (2)$$

όπου

$$n = \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

Τὰ Shunt χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἐπέκταση τῆς περιοχῆς μετρή-  
 σεως ἀμπερομέτρων D.C. καί A.C. Εἶναι δυνατό νά χρησιμοποιηθοῦν  
 περισσότερα ἀπὸ ἓνα Shunt γιὰ κάθε ἀμπερόμετρο. Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο  
 τὸ ὄργανο ἀποκτᾶ πολλές περιοχές μετρήσεων.

Στὴν περίπτωση βολτομέτρου μέ περιοχὴ μετρήσεως ἀπὸ 0 ὡς  $U_0$   
 (V) γιὰ νά ἐπεκτείνουμε τὴν περιοχὴ μετρήσεώς του σέ 0 ὡς U (V), ὅπου  
 $U > U_0$ , συνδέομε σέ σειρά πρὸς αὐτὸ μία αντίσταση  $R_\sigma$  πού δίνεται  
 ἀπὸ τὴ σχέση:

$$R_\sigma = R_0 \cdot (n-1) \quad \text{σέ } \Omega \quad (4) \quad \text{μὲ } n = \frac{U}{U_0} \quad (5)$$

όπου:  $U_0$  ή αρχική (κανονική) μέγιστη τάση τοῦ ὄργανου, σέ V,  
 $U$  ή μέγιστη τάση πού μπορεῖ νά μετρήσει τὸ ὄργανο μετὰ τὴν  
 ἐπέκταση τῆς περιοχῆς του, σέ V καί

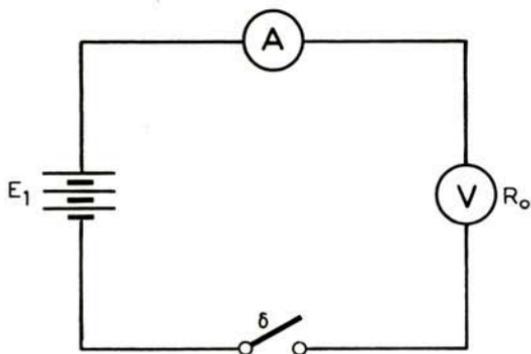
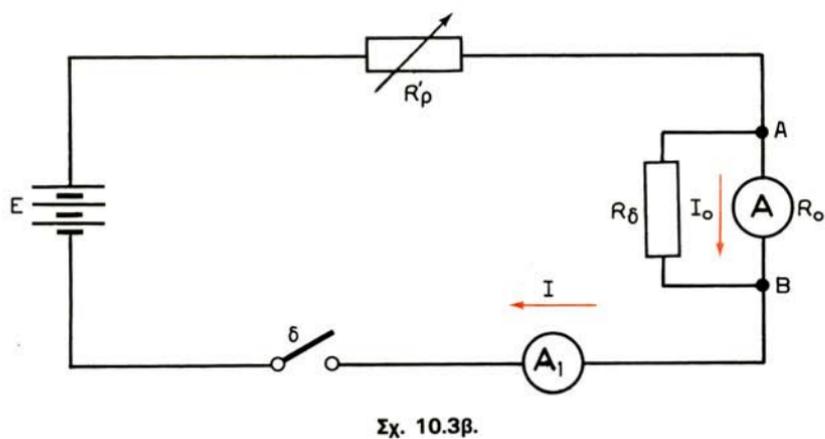
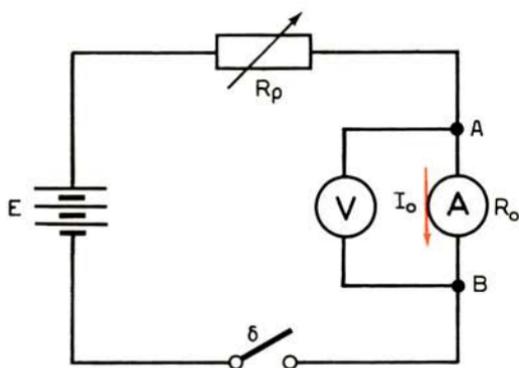
$R_0$  ή ἔσωτερική αντίσταση τοῦ βολτομέτρου, σέ  $\Omega$ .

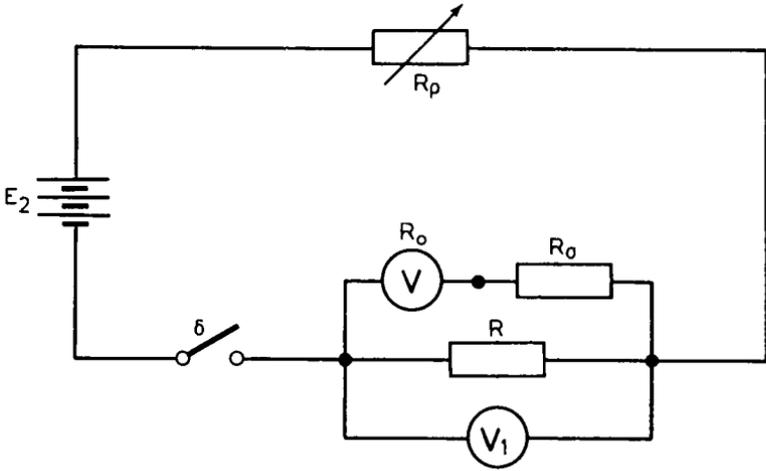
Ἐπειδὴ συνήθως τὸ U εἶναι πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ  $U_0$ , προκύπτει  
 ὅτι ή  $R_\sigma$  εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἔσωτερική αντίσταση  $R_0$  τοῦ  
 βολτομέτρου.

Οἱ ἀντιστάσεις σειρᾶς  $R_\sigma$  χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ἐπέκταση τῆς  
 περιοχῆς μετρήσεως βολτομέτρων D.C. καί A.C. Εἶναι δυνατό νά χρησι-  
 μοποιηθοῦν περισσότερες ἀπὸ μία ἀντιστάσεις σειρᾶς  $R_\sigma$  γιὰ κάθε  
 βολτόμετρο. Ἐτσι τὸ βολτόμετρο ἀποκτᾶ πολλές περιοχές μετρήσεων.

Στὴν ἀσκηση αὐτὴ θά προσδιορίσουμε τὴν αντίσταση πού χρειάζεται  
 γιὰ τὴν ἐπέκταση τῆς περιοχῆς μετρήσεως ἑνὸς ἀμπερομέτρου τοῦ 1 A  
 καί ἑνὸς βολτομέτρου τῶν 10 V καί θά ἐπαληθεύσουμε πειραματικὰ τὴν  
 ἐπέκταση αὐτῆ.

10.3 Απαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 10.3α έως 10.3ε), όργανα και υλικά.





Σχ. 10.36.

**Γιά την επέκταση περιοχής μετρήσεως άμπερομέτρου:**

- Πηγή  $E = 50 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτες:  $R_p : 0 \div 60 \Omega, 1,5 \text{ A},$   
 $R'_p : 0 \div 15 \Omega, 10 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A : 0 \div 1 \text{ A},$   
 $A_1 : 0 \div 15 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο D.C.  $0 \div 1 \text{ V}$  ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεων.
- Άντιστάσεις διακλαδώσεως (Shunt)  $R_\sigma$  διαφόρων τιμών κατάλληλες για την επέκταση της περιοχής μετρήσεως του άμπερομέτρου  $A$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά την επέκταση περιοχής μετρήσεως βολτομέτρου:**

- Πηγές D.C.:  $E_1 = 10 \text{ V},$   
 $E_2 = 60 \text{ V.}$
- Ροοστάτης  $R_p, 0 \div 150 \Omega, 1,4 \text{ A.}$
- Μιλλιαμπερόμετρο  $0 \div 500 \text{ mA D.C.}$  ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεων.
- Βολτόμετρα D.C.:  $V : 0 \div 10 \text{ V},$   
 $V_1 : 0 \div 60 \text{ V.}$
- Άντιστάσεις σειράς  $R_\sigma$  διαφόρων τιμών κατάλληλες για την επέκταση της περιοχής μετρήσεως του βολτομέτρου  $V$ .

- Σταθερή αντίσταση  $R = 100 \Omega$ ,  $1 \text{ A}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Παρατήρηση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγές A.C. και όργανα μετρήσεως A.C.

## 10.4 Πορεία εργασίας.

### 10.4.1 Συνδεσμολογίες των σχημάτων 10.3α και 10.3β.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.3α παρεμβάλλοντας **δλη** την αντίσταση του ροοστάτη  $R_\rho$  και με ανοικτό το διακόπτη  $\delta$ .

β) Κλείστε το διακόπτη  $\delta$  και μεταβάλετε σιγά - σιγά την τιμή της  $R_\rho$ , ώστε η ένδειξη του αμπερομέτρου να είναι ίση με τη μέγιστη τιμή του, δηλαδή  $I_0 = 1 \text{ A}$ .

γ) Μετρήστε τότε με το βολτόμετρο την τάση  $U_0$  στα άκρα του αμπερομέτρου και σημειώστε την στον Πίνακα 10.4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.4.1.

$I_0$ (A)	$U_0$ (V)	$R_0$ ( $\Omega$ )	$I_0$ (A)	$I$ (A)	$n$	$R_\delta$ ( $\Omega$ )
1			1			
			$I_0$ (A)	$I$ (A)	$n$	$R_\delta$ ( $\Omega$ )
			1			

δ) Υπολογίστε με το νόμο του Ωμ την έσωτερική αντίσταση  $R_0$  του αμπερομέτρου και σημειώστε την στον Πίνακα 10.4.1.

ε) Προκειμένου το αμπερόμετρο να μετρά μέγιστη ένταση  $I = 5 \text{ A}$ , υπολογίστε το λόγο  $n$  και την τιμή του απαιτούμενου Shunt  $R_\delta$  από τις σχέσεις (3) και (2) της παραγράφου 10.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 10.4.1.

στ) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.3β παρεμβάλλοντας **δλη** την αντίσταση του ροοστάτη  $R'_\rho$  με κατάλληλο Shunt  $R_\delta$  (όπως προέκυψε από την εργασία ε) και με ανοικτό το διακόπτη  $\delta$ .

ζ) Κλείστε το διακόπτη  $\delta$  και μεταβάλετε σιγά-σιγά την τιμή της  $R'_\rho$  ώστε το αμπερόμετρο  $A$  να δείξει  $I_0 = 1 \text{ A}$ .

η) Μετρήστε τότε με το αμπερόμετρο  $A_1$  την ένταση  $I$  διά του κυκλώματος και συμπληρώστε την αντίστοιχη θέση του Πίνακα 10.4.1.

Μ' αυτό τον τρόπο έπαληθεύουμε ότι, ενώ τό άμπερόμετρο δείχνει πάλι  $I_0 = 1 \text{ A}$ , από τό κύκλωμα περνά ρεύμα έντάσεως  $I = 5 \text{ A}$ .

θ) Άνοιξτε τό διακόπη δ (σχ. 10.3β) και έπαναλάβετε τά άναφερόμενα στίς έργασίες ε, στ,ζ και η γιά τιμή τής έντάσεως πού περνά από τό κύκλωμα του σχήματος 10.3β  $I = 10 \text{ A}$  (μέ Shunt  $R_\delta$  πού προκύπτει από τίς σχέσεις (3) και (2) τής παραγράφου 10.2 γιά  $I = 10 \text{ A}$ ). Συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 10.4.1.

#### 10.4.2 Συνδεσμολογίες των σχημάτων 10.3γ και 10.3δ.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 10.3γ μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Κλειστείτε τό διακόπη δ, όποτε στό βολτόμετρο θά έπιβληθεϊ ή τάση τής πηγής, πού ίσοϋται έδω μέ τή μέγιστη τιμή τής περιοχής μετρήσεώς του, δηλαδή  $U_0 = 10 \text{ V}$ .

γ) Μετρήστε μέ τό μιλλιαμπερόμετρο τήν ένταση  $I_0$  πού διαρρέει τό βολτόμετρο και υπολογίστε από τό νόμο του ΞΩμ τήν έσωτερική του αντίσταση  $R_0$ , συμπληρώνοντας κατάλληλα τον Πίνακα 10.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.4.2.

$U_0 \text{ (V)}$	$I_0 \text{ (mA)}$	$R_0 \text{ (}\Omega\text{)}$	$U_0 \text{ (V)}$	$U \text{ (V)}$	$n$	$R_0 \text{ (}\Omega\text{)}$
10			10			
			$U_0 \text{ (V)}$	$U \text{ (V)}$	$n$	$R_0 \text{ (}\Omega\text{)}$
			10			

δ) Προκειμένου τό βολτόμετρο νά μετρά μέγιστη τάση  $U = 30 \text{ V}$ , υπολογίστε τό λόγο  $n$  και τήν τιμή τής άπαιτούμενης αντίστάσεως σειράς  $R_\sigma$  από τίς σχέσεις (5) και (4) τής παραγράφου 10.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 10.4.2.

ε) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 10.3δ παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_\rho$ , μέ αντίσταση σειράς  $R_\sigma$  τιμής πού προέκυψε στήν έργασία δ και μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

στ) Κλειστείτε τό διακόπη δ και μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τής  $R_\rho$ , ώστε ή ένδειξη του βολτομέτρου  $V$  νά γίνει ίση μέ τή μέγιστη ένδειξη του  $U_0$ .

ζ) Μετρήστε τώρα (μέ τό βολτόμετρο  $V_1$ ) τήν τάση  $U$  στα άκρα τής καταναλώσεως  $R$  και σημειώστε την στον Πίνακα 10.4.2. Έτσι έπαληθεύουμε ότι ή τάση στα άκρα τής  $R$  είναι  $U = 30 \text{ V}$ .

η) Άνοιξτε τό διακόπη δ στο κύκλωμα του σχήματος 10.3δ και έπα-

να λάβετε τὰ ἀναφερόμενα στὶς ἐργασίες  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\sigma\tau$  καὶ  $\zeta$  γιὰ τιμὴ τῆς τάσεως  $U = 50\text{ V}$  (στὰ ἄκρα τῆς  $R$ ) καὶ μὲ  $R_{\sigma}$  ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὶς σχέσεις (5) καὶ (4) τῆς παραγράφου 10.2 γιὰ  $U = 50\text{ V}$ . Συμπληρώστε κατάλληλα τὸν Πίνακα 10.4.2.

---

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΔΕΚΑΤΗ

### ΜΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

#### ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

#### ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

##### 11.1 Σκοπός.

- Ἡ πειραματική μελέτη τῆς μικτῆς συνδέσεως ὠμικῶν ἀντιστάσεων, ἡ μέτρηση τῶν ἐντάσεων ρεύματος πού τίς διαρρέουν καί τῶν τάσεων στά ἄκρα τους καί ὁ προσδιορισμός τῆς ἰσοδύναμης ἀντιστάσεώς τους.
- Ἡ πειραματική μελέτη τῆς μεταβολῆς τῆς τάσεως στά ἄκρα ἐνός καταναλωτῆ μέσω ἐνός καταμεριστῆ τάσεως (ποτενσιομέτρου).

##### 11.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Ἡ μικτή σύνδεση ἀντιστάσεων ἀποτελεῖ συνδυασμό ἀντιστάσεων συνδεμένων σέ σειρά ἢ παράλληλα στό ἴδιο κύκλωμα.

Γιά νά βροῦμε τήν ἰσοδύναμη ἀντίσταση μιᾶς μικτῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων, ἀντικαθιστοῦμε πρῶτα κάθε ομάδα ἀντιστάσεων συνδεμένων παράλληλα ἢ σέ σειρά μέ τήν ἰσοδύναμη ἀντίστασή τους καί ἐπειτα βρίσκομε τήν ἰσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος πού θά προκύψει.

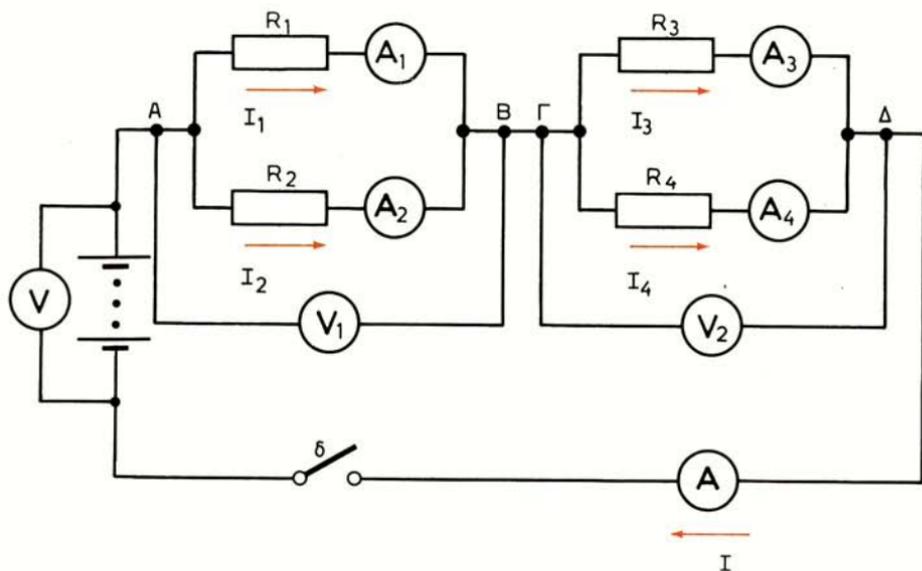
Μία περίπτωση μικτῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων εἶναι ὁ καταμεριστῆς τάσεως (ποτενσιόμετρο). Μεταξύ τῶν δύο σταθερῶν ἀκροδεκτῶν τοῦ ποτενσιομέτρου ἐφαρμόζεται ἡ τάση τῆς πηγῆς.

Ἡ κατανάλωση τροφοδοτεῖται μέ μέρος τῆς τάσεως αὐτῆς ἀπό τόν ἀκροδέκτη τοῦ δρομέα (σύρτη) καί τόν ἕνα σταθερό ἀκροδέκτη. Μ' αὐτό τόν τρόπο, μετακινώντας τό δρομέα ἐπιτυγχάνομε τή μεταβολή τῆς τάσεως τῆς καταναλώσεως ἀπό τό μηδέν μέχρι τήν τιμή τῆς τάσεως πού ἐπιβάλλεται στά ἄκρα τοῦ ποτενσιομέτρου.

Στήν ἀσκηση αὐτή θά ἐξετάσουμε τήν περίπτωση μικτῆς συνδεσμολογίας ἀντιστάσεων πού ἀποτελεῖται ἀπό δύο ζεύγη παραλλήλων ἀντιστάσεων συνδεμένα σέ σειρά καί τήν περίπτωση καταμεριστῆ τάσεως πού τροφοδοτεῖ μία ἀντίσταση  $R_1$ .

### 11.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί ύλικά. Διάγραμμα (σχ. 11.3γ).

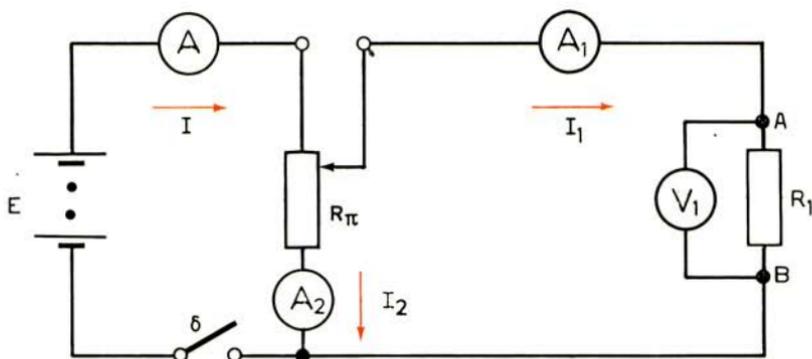
Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 11.3α:



Σχ. 11.3α.

- Πηγή  $E = 120 \text{ V D.C.}$
- Σταθερές άντιστάσεις:  $R_1 : 60 \Omega, 1,25 \text{ A,}$   
 $R_2 : 40 \Omega, 1,25 \text{ A,}$   
 $R_3 : 100 \Omega, 1,25 \text{ A,}$   
 $R_4 : 100 \Omega, 1,25 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A_1 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_2 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_3 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_4 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A : 0 \div 2,5 \text{ A.}$
- Βολτόμετρα D.C.:  $V_1 : 0 \div 100 \text{ V,}$   
 $V_2 : 0 \div 100 \text{ V,}$   
 $V : 0 \div 150 \text{ V.}$
- Διακόπτης  $\delta.$

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 11.3β.



Σχ. 11.3β.

- Πηγή  $E = 120 \text{ V D.C.}$
- Καταμεριστής τάσεως  $R_{\pi}$ ,  $0 \div 120 \Omega$ ,  $2 \text{ A.}$
- Σταθερή αντίσταση  $R_1 = 140 \Omega$ ,  $1,6 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A_1 : 0 \div 1 \text{ A,}$   
 $A_2 : 0 \div 2,5 \text{ A,}$   
 $A : 0 \div 2,5 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο  $V_1: 0 \div 150 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Παρατήρηση:

Ἡ άσκηση τῶν συνδεσμολογιῶν τῶν σχημάτων 11.3α καί 11.3β μπορεί νά έκτελεσθεῖ καί μέ πηγές A.C. καί όργανα μετρήσεως A.C.

## 11.4 Πορεία έργασίας.

### 11.4.1 Μικτή σύνδεση αντίστάσεων.

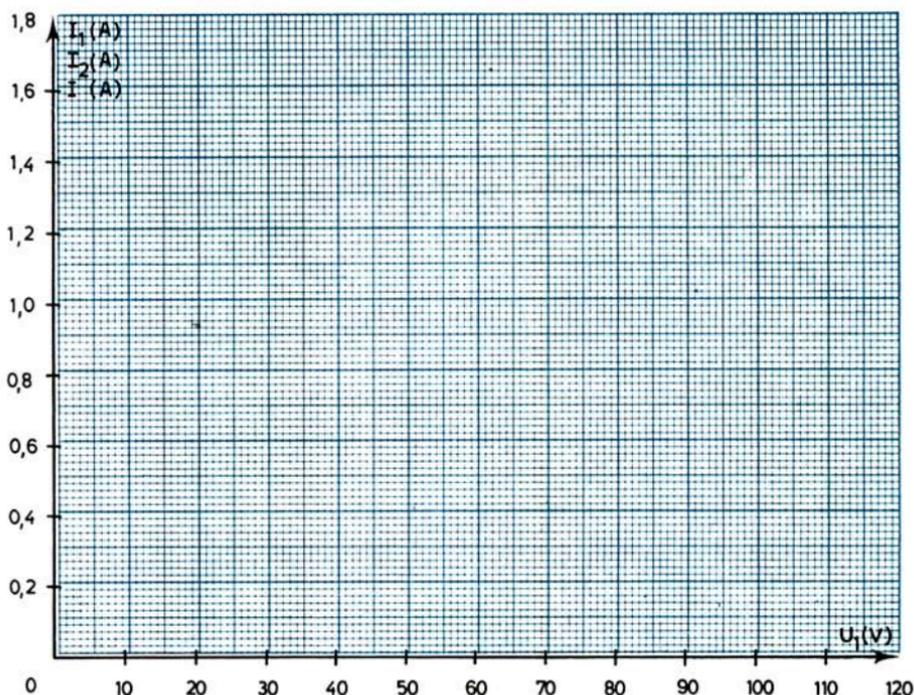
α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 11.3α μέ άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ .

β) Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

γ) Μετρήστε τίς έντάσεις ρεύματος  $I_1, I_2, I_3, I_4$  πού περνάνε από τίς αντίστάσεις  $R_1, R_2, R_3, R_4$  αντίστοιχως καί σημειώστε τίς τιμές τους στόν Πίνακα 11.4.1.

δ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο A τήν όλική ένταση  $I$  διά του κυκλώματος καί σημειώστε την στόν Πίνακα 11.4.1.

ε) Ὑπολογίστε τά άθροίσματα  $I_1 + I_2, I_3 + I_4$  καί συμπληρώστε τίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 11.4.1. Συγκρίνετέ τα μέ τό όλικό ρεύμα  $I$  διά του κυκλώματος έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τόν A' κανόνα του Κίρχωφ.



Σχ. 11.3γ.

Μεταβολή των  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$  με την  $U_1$ .

στ) Μετρήστε με τό βολτόμετρο  $V_1$  την τάση  $U_1$  στα άκρα Α και Β των  $R_1$ ,  $R_2$ , με τό βολτόμετρο  $V_2$  την τάση  $U_2$  στα άκρα Γ και Δ των  $R_3$ ,  $R_4$  και με τό βολτόμετρο  $V$  την τάση  $U$  στα άκρα της πηγής. Συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 11.4.1.

ζ) Υπολογίστε τό άθροισμα  $U_1 + U_2$ , σημειώστε το στόν Πίνακα 11.4.1 και συγκρίνετέ το με την τάση  $U$  της πηγής.

η) Υπολογίστε από τό νόμο του Ωμ ( $R = U/I$ ) την ισοδύναμη αντίσταση  $R$  των  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  και σημειώστε την στόν Πίνακα 11.4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.4.1.

$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_3$ (A)	$I_4$ (A)	$I$ (A)	$I_1 + I_2$ (A)	$I_3 + I_4$ (A)	$U_1$ (V)	$U_2$ (V)	$U$ (V)	$U_1 + U_2$ (V)	$R$ (Ω)

### 11.4.2 Καταμεριστής τάσεως.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 11.3β μέ τόν άκροδέκτη τοῦ σύρτη τοῦ καταμεριστή τάσεως στό κατώτερο σημεῖο του (ώστε νά εἶναι  $U_1 = 0$ ) καί μέ άνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε τίς έντάσεις  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$  καί τήν τάση  $U_1$  στά άκρα τῆς αντίστασεως  $R_1$  καί σημειώστε τίς στίς αντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 11.4.2.

δ) Μετακινήστε τό δρομέα τοῦ καταμεριστή τάσεως, ώστε τό βολτόμετρο  $V_1$  νά δείξει τάση  $U_1 = 15\text{ V}$  καί σημειώστε τά αντίστοιχα ρεύματα  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$  στόν Πίνακα 11.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.4.2.

$U_1$ (V)	0	15	30	45	60	75	90	105	120
$I_1$ (A)									
$I_2$ (A)									
$I$ (A)									
$I_1 + I_2$ (A)									

ε) Επαναλάβετε τά άναφερόμενα στήν έργασία δ γιά  $U_1 = 30\text{ V}$ ,  $U_1 = 45\text{ V}$  κ.ο.κ. μέχρι  $U_1 = 120\text{ V}$  (όση καί ή τάση τῆς πηγῆς).

στ) Υπολογίστε σέ κάθε περίπτωση τό άθροισμα  $I_1 + I_2$  καί συγκρίνετέ το μέ τό αντίστοιχο  $I$  έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τόν Α΄ κανόνα τοῦ Κίρχωφ.

ζ) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 11.3γ τή μεταβολή τῶν έντάσεων ρεύματος  $I_1$ ,  $I_2$  καί  $I$  όταν μεταβάλλεται ή τάση  $U_1$  στά άκρα τῆς  $R_1$ .

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΩΔΕΚΑΤΗ

### ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΓΗΣ

### Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### 12.1 Σκοπός.

- Ό πειραματικός προσδιορισμός της έσωτερικής αντίστασης πηγής συνεχούς ρεύματος διά μετρήσεως της ηλεκτρεγερτικής της δύναμews και της πολικής της τάσεως.
- Ό πειραματική μελέτη της μεταβολής της έντάσεως ρεύματος σε κλειστό κύκλωμα πηγής - καταναλωτή καθώς και της τάσεως στα άκρα του καταναλωτή (πολικής τάσεως της πηγής) σε συνάρτηση με την αντίσταση του καταναλωτή.

#### 12.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Ό νόμος του Ωμ στην περίπτωση ενός καταναλωτή εκφράζεται από τή σχέση:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

όπου:  $I$  ή ένταση πού διαρρέει τόν καταναλωτή, σε  $A$ ,

$U$  ή τάση στα άκρα του καταναλωτή, σε  $V$  και

$R$  ή αντίσταση του καταναλωτή, σε  $\Omega$ .

Στήν περίπτωση κλειστού κυκλώματος πού αποτελείται από μία πηγή και έναν καταναλωτή, ό νόμος του Ωμ εκφράζεται από τή σχέση:

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (2)$$

όπου:  $I$  ή ένταση πού διαρρέει τό κύκλωμα, σε  $A$ ,

$E$  ή ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής, σε  $V$ ,

$R$  ή αντίσταση του καταναλωτή, σε  $\Omega$  και

$r$  ή έσωτερική αντίσταση της πηγής, σε  $\Omega$ .

Όν στό κλειστό κύκλωμα αντί για έναν καταναλωτή υπάρχουν περισσότεροι πού συνδέονται με όποιοδήποτε τρόπο (σε σειρά, παράλληλα ή μικτά) σάν  $R$  στην προηγούμενη σχέση θά τοποθετηθεί ή ίσο-

δύναμη αντίστασης όλων τῶν καταναλωτῶν.

Όταν ἓνα κλειστό κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα  $I$ , στὸ ἐσωτερικὸ τῆς πηγῆς προκαλεῖται μίᾳ πτώση τάσεως  $I \cdot r$  καὶ ἐπομένως ἡ τάση  $U$  στοὺς πόλους τῆς πηγῆς (ἡ ὁποία ὀνομάζεται καὶ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς) δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$U = E - I \cdot r \quad (3)$$

Ἐπειδὴ ἡ πολικὴ τάση  $U$  τῆς πηγῆς ἰσοῦται μὲ τὴν τάση στὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ, ἰσχύει καὶ ἡ σχέση:

$$U = I \cdot R \quad (4)$$

στὴν ὁποία [ὅπως καὶ στὴ σχέση (3)] ἡ ἔννοια τῶν μεγεθῶν τῆς καὶ οἱ μονάδες τους ἔχουν ἀναφερθεῖ παραπάνω.

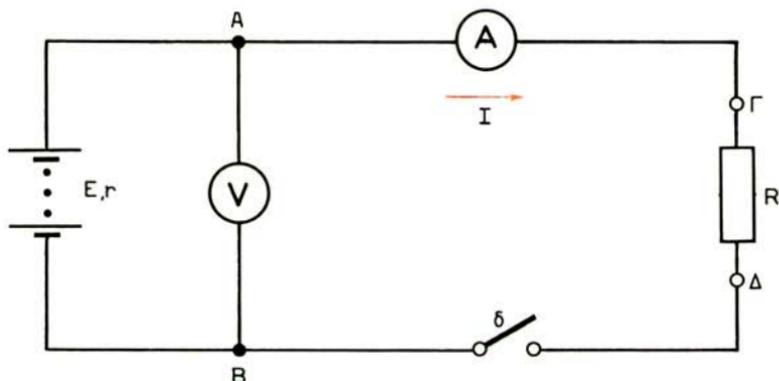
Ἄν στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνδέσουμε ἓνα βολτόμετρο, χωρὶς ἡ πηγὴ νὰ τροφοδοτεῖ καταναλωτὴ, ἡ ἔνδειξη τοῦ βολτομέτρου ἰσοῦται μὲ μεγάλη προσέγγιση μὲ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμη  $E$  τῆς πηγῆς.

Στὴν ἄσκηση αὐτὴ θὰ προσδιορίσουμε πειραματικὰ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μιᾶς πηγῆς ἀπὸ τὴ σχέση:

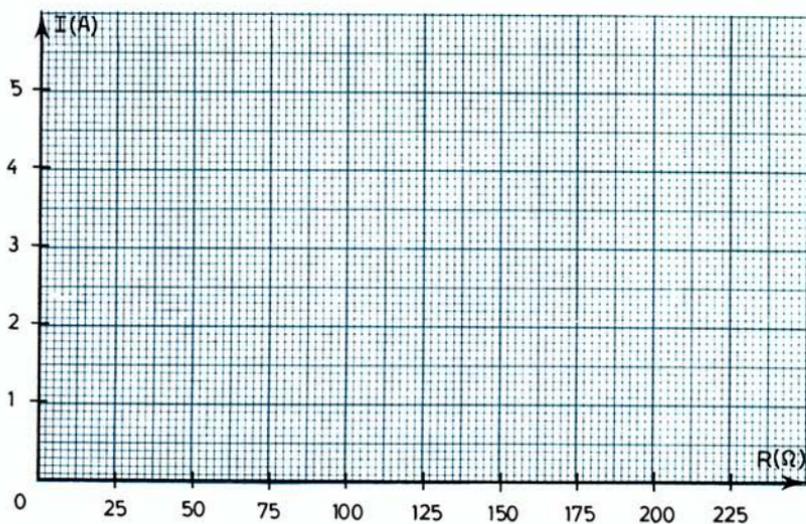
$$r = \frac{E - U}{I} \quad (5)$$

πού προκύπτει ἀπὸ τὴ σχέση (3) καὶ στὴ συνέχεια θὰ μελετήσουμε τὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως  $I$  τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς πολικῆς τάσεως  $U$  τῆς πηγῆς σὲ συνάρτηση μὲ τὴν ἀντίσταση  $R$  τοῦ καταναλωτῆ.

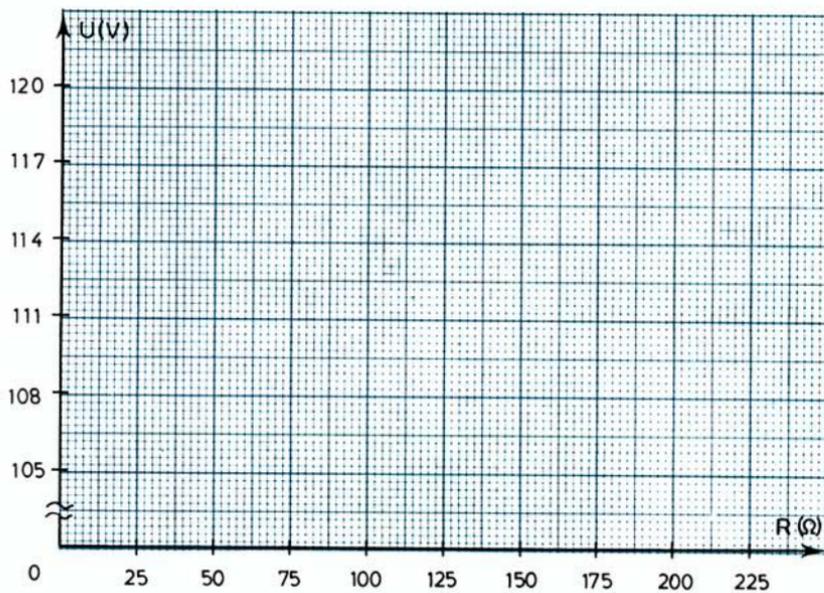
### 12.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 12.3α), ὄργανα καὶ ὑλικά. Διαγράμματα (σχ. 12.3β καὶ 12.3γ).



Σχ. 12.3α.



**Σχ. 12.3β.**  
Μεταβολή του  $I$  με την  $R$ .



**Σχ. 12.3γ.**  
Μεταβολή της  $U$  με την  $R$ .

- Γεννήτρια  $E = 120 \text{ V D.C.}$
- Σταθερές αντιστάσεις:  $R_1: 25 \ \Omega, 5 \text{ A,}$   
 $R_2: 50 \ \Omega, 2,5 \text{ A,}$   
 $R_3: 100 \ \Omega, 1,25 \text{ A,}$   
 $R_4: 200 \ \Omega, 1 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 150 \text{ V D.C.}$
- Διακόπτης  $\delta$ .

## 12.4 Πορεία εργασίας.

### 12.4.1 Προσδιορισμός της έσωτερικής αντίστασης της πηγής.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 12.3α μέ τήν αντίσταση  $R_1$  μεταξύ τῶν σημείων  $\Gamma$  καί  $\Delta$  καί άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ .

β) Μέ άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$  διαβάστε τήν ένδειξη τοῦ βολτομέτρου, ή όποία άντιπροσωπεύει τήν ήλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  τῆς πηγῆς καί σημειώστε τήν τιμή της στόν Πίνακα 12.4.1.

γ) Κλειστε τό διακόπτη  $\delta$  καί μετρήστε τό ρεύμα  $I$  τοῦ κυκλώματος (μέ τό άμπερόμετρο) καί τήν πολική τάση  $U$  τῆς πηγῆς (μέ τό βολτόμετρο) σημειώνοντας τίς τιμές τους στόν Πίνακα 12.4.1.

δ) Ὑπολογίστε τήν έσωτερική αντίσταση  $r$  τῆς πηγῆς άπό τή σχέση (5) τῆς παραγράφου 12.2 καί σημειώστε την στήν άντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 12.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12.4.1.**

$E(V)$	$U(V)$	$I(A)$	$r(\Omega)$

### 12.4.2 Ἐξάρτηση τῆς έντάσεως τοῦ κυκλώματος καί τῆς πολικῆς τάσεως τῆς πηγῆς άπό τήν αντίσταση τοῦ καταναλωτή.

α) Στο κύκλωμα τοῦ σχήματος πού έχει ήδη συνδεσμολογηθεῖ, μεταξύ τῶν σημείων  $\Gamma$  καί  $\Delta$  ύπάρχει ή αντίσταση  $R_1 = 25 \ \Omega$ . Ὑπολογίστε τά μεγέθη  $R_1 + r$  καί  $\frac{E}{R_1 + r}$  (μέ βάση τή γνωστή πλέον τιμή τῆς  $r$ ) καί σημειώστε τα στίς άντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 12.4.2.

β) Μέ κλειστό τό διακόπτη  $\delta$  μετρήστε τήν ένταση  $I$  πού περνά άπό τόν καταναλωτή καί σημειώστε την στόν Πίνακα 12.4.2. Κάνετε έπα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.4.2.

R(Ω)	25	50	100	200
R + r(Ω)				
$\frac{E}{R + r}$ (A)				
I(A)				
U(V)				

λήθευση του νόμου του Ωμ για τό κλειστό κύκλωμα συγκρίνοντας τήν τιμή αὐτή μέ ἐκείνη πού βρήκατε στήν ἐργασία α μέ ὑπολογισμό τῆς παραστάσεως  $\frac{E}{R_1 + r}$ .

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο τήν ἀντίστοιχη πολική τάση U τῆς πηγῆς καί συμπληρώστε τήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 12.4.2.

δ) Ἀνοίξτε τό διακόπτη δ, ἀντικαταστήστε τήν ἀντίσταση R<sub>1</sub> μέ τήν R<sub>2</sub> = 50 Ω, κλείστε τό διακόπτη καί ἐπαναλάβετε τά ἀναφερόμενα στά α, β καί γ.

ε) Ἐπαναλάβετε τά ἀναφερόμενα στήν προηγούμενη ἐργασία γιά τίς ἀντιστάσεις R<sub>3</sub> = 100 Ω καί R<sub>4</sub> = 200 Ω.

στ) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 12.3β τή μεταβολή τῆς ἐντάσεως I τοῦ κυκλώματος ὅταν μεταβάλλεται ἡ τιμή τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ καταναλωτῆ.

ζ) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 12.3γ τή μεταβολή τῆς πολικῆς τάσεως U τῆς πηγῆς ὅταν μεταβάλλεται ἡ τιμή τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ καταναλωτῆ.

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΤΡΙΤΗ**  
**ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΗΓΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ**  
**ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΗΓΩΝ**

**13.1 Σκοπός.**

Η πειραματική μελέτη της συνδέσεως πηγών σε σειρά ή παράλληλα και ο προσδιορισμός της όλικης ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως και έσωτερικής αντίστασέως τους.

**13.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.**

Σέ πολλές εφαρμογές είναι απαραίτητο νά συνδέσομε περισσότερες από μία πηγές μεταξύ τους. Οί τρόποι συνδέσεως τών πηγών είναι τρείς: ή σύνδεση σε σειρά, ή παράλληλη σύνδεση και ή μικτή σύνδεση πού αποτελεί συνδυασμό τών δύο προηγουμένων τρόπων.

Αν  $E_1, E_2, E_3, \dots$  είναι οί ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις τών πηγών πού συνδέονται σε σειρά και  $r_1, r_2, r_3, \dots$  οί έσωτερικές τους αντίστασεις, ή ηλεκτρεγερτική δύναμη τής συστοιχίας δίνεται από τή σχέση:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \quad (1)$$

και ή έσωτερική αντίσταση τής συστοιχίας από τή σχέση:

$$r = r_1 + r_2 + r_3 + \dots \quad (2)$$

Στήν περίπτωση πού όλες οί συνδεμένες σε σειρά πηγές είναι όμοιες μεταξύ τους και καθεμιά έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_0$  και έσωτερική αντίσταση  $r_0$ , οί παραπάνω σχέσεις γίνονται:

$$E = n \cdot E_0 \quad (3)$$

$$\text{και } r = n \cdot r_0 \quad (4)$$

όπου  $n$  ο αριθμός των όμοιων πηγών.

Οι πηγές που συνδέονται παράλληλα έχουν, συνήθως, ίσες ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις  $E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_0$  χωρίς να ισχύει πάντοτε το ίδιο για τις εσωτερικές τους αντιστάσεις  $r_1, r_2, r_3, \dots$ . Τά αντίστοιχα μεγέθη του συγκροτήματος των παραλλήλων πηγών δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$E = E_0 \quad (5)$$

καί

$$r = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots} \quad (6)$$

Στήν περίπτωση που οι παράλληλα συνδεδεμένες πηγές έχουν καί ίσες εσωτερικές αντιστάσεις ( $r_1 = r_2 = r_3 = \dots = r_0$ ), οι παραπάνω σχέσεις γίνονται:

$$E = E_0 \quad \text{καί} \quad r = \frac{r_0}{n} \quad (7)$$

όπου  $n$  ο αριθμός των πηγών.

Η πολική τάση  $U$  στα άκρα μιᾶς πηγῆς δίνεται από τή σχέση:

$$U = E - I \cdot r \quad \text{σέ } V \quad (8)$$

που:  $E$  ἡ ηλεκτρεγερτική δύναμη τῆς πηγῆς, σέ  $V$ ,

$I$  τό ρεῦμα που διαρρέει τήν πηγή, σέ  $A$  καί

$r$  ἡ εσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς, σέ  $\Omega$ .

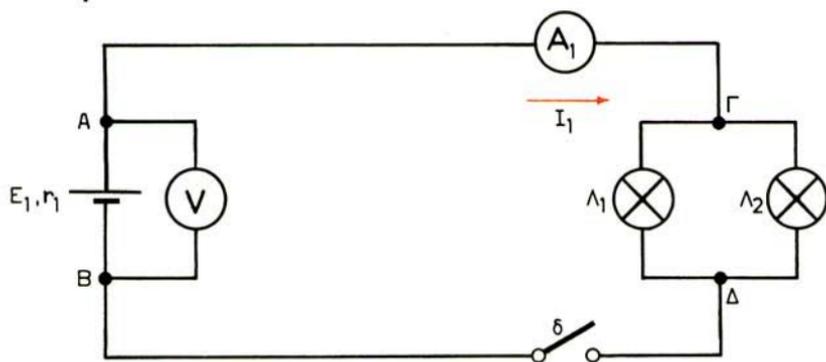
Μετασχηματίζοντας τήν παραπάνω σχέση, παίρνομε τήν ακόλουθη σχέση για τήν εσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς:

$$r = \frac{E - U}{I} \quad (9)$$

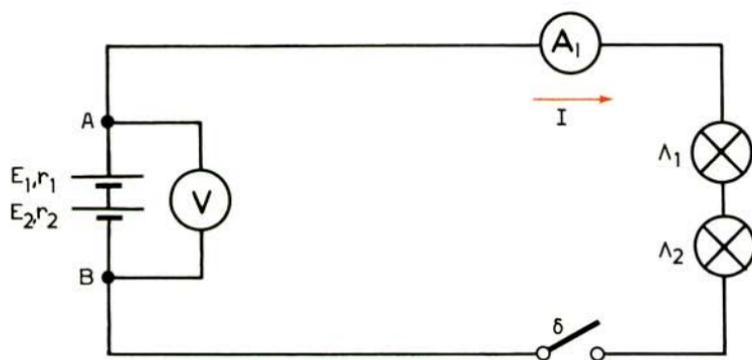
στήν ὁποία οἱ μονάδες τῶν διαφόρων μεγεθῶν εἶναι οἱ ἴδιες ὅπως καί προηγουμένως.

Στήν ἄσκηση αὐτή θά χρησιμοποιήσομε δύο πηγές. Ἀρχικά θά μετρήσομε τίς ηλεκτρεγερτικές τους δυνάμεις καί θά προσδιορίσομε πειραματικά τίς εσωτερικές τους αντιστάσεις. Στή συνέχεια θά τίς συνδέσομε σέ σειρά καί παράλληλα καί θά ὑπολογίσομε τήν ὀλική ηλεκτρεγερτική δύναμη καί τήν ὀλική εσωτερική αντίσταση για κάθε περίπτωση.

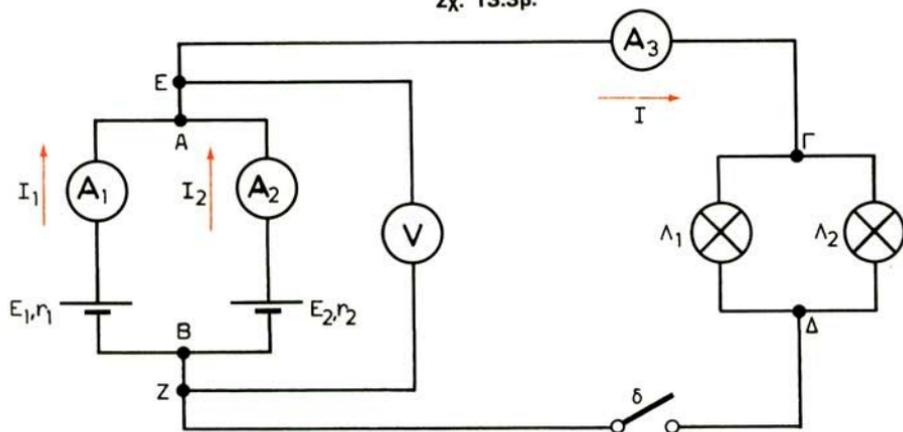
13.3 'Απαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 13.3α, 13.3β καί 13.3γ), δρ-  
γανα καί ύλικά.



Σχ. 13.3α.



Σχ. 13.3β.



Σχ. 13.3γ.

- Πηγές D.C.:  $E_1 = 6 \text{ V}$ ,  
 $E_2 = 6 \text{ V}$ .
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1: 6,3 \text{ V}, 0,3 \text{ A}$ ,  
 $\Lambda_2: 6,3 \text{ V}, 0,3 \text{ A}$ .
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A_1: 0 \div 1 \text{ A}$ ,  
 $A_2: 0 \div 1 \text{ A}$ ,  
 $A_3: 0 \div 2,5 \text{ A}$ .
- Βολτόμετρο  $0 \div 15 \text{ V D.C}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

### 13.4 Πορεία εργασίας.

#### 13.4.1 Προσδιορισμός της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως (Η.Ε.Δ) και της έσωτερικής αντίστασης κάθε πηγής ξεχωριστά.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 13.3α με την πρώτη πηγή μεταξύ των σημείων Α,Β και άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ .

β) Μέ άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$  ή ένδειξη του βολτομέτρου αντιπροσωπεύει την ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_1$  της πηγής. Σημειώστε την στον Πίνακα 13.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13.4.1.**

$E_1(\text{V})$	$U_1(\text{V})$	$I_1(\text{A})$	$r_1(\Omega)$	$E_2(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$I_2(\text{A})$	$r_2(\Omega)$

γ) Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$  και μετρήστε τό ρεύμα  $I_1$  του κυκλώματος (μέ τό άμπερόμετρο) και την πολική τάση  $U_1$  της πηγής (μέ τό βολτόμετρο) σημειώνοντας τις τιμές τους στον Πίνακα 13.4.1.

δ) Ύπολογίστε την έσωτερική αντίσταση της πηγής από τή σχέση (9) της παραγράφου 13.2 και σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 13.4.1.

ε) Άνοιξτε τό διακόπτη  $\delta$ , άποσυνδέστε την πηγή και συνδέστε τή δεύτερη πηγή μεταξύ των σημείων Α,Β.

στ) Ήπαναλάβετε τά άναφερόμενα στις έργασίες β,γ και δ για τή δεύτερη πηγή.

#### Σημείωση:

Ός καταναλωτής θά μπορούσε νά συνδεθεί και μία μόνο λυχνία. Μέ την παράλληλη σύνδεση των δύο λυχνιών αύξάνεται τό ρεύμα του κυκλώματος, μέ άποτέλεσμα νά μειώνεται περισσότερο ή πολική τάση και ή  $r$  νά ύπολογίζεται μέ μεγαλύτερη ακρίβεια.

### 13.4.2 Σύνδεση πηγών σέ σειρά.

α) Σημειώστε στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 13.4.2 τίς τιμές τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων  $E_1$ ,  $E_2$  καί τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων  $r_1$ ,  $r_2$  πού ἔχουν βρεθεῖ στήν παραπάνω ὑποπαράγραφο.

β) Ὑπολογίστε τά ἀθροίσματα  $E_1 + E_2$ ,  $r_1 + r_2$  καί σημειώστε τα ὅτις ἀντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 13.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13.4.2.**

$E_1(V)$	$E_2(V)$	$E_1 + E_2(V)$	$r_1(\Omega)$	$r_2(\Omega)$	$r_1 + r_2(\Omega)$
		$E(V)$	$I(A)$	$U(V)$	$r(\Omega)$

γ) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 13.3β (στό ὁποῖο οἱ δύο πηγές συνδέονται σέ σειρά) μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ.

δ) Μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ ἡ ἔνδειξη του βολτομέτρου ἀντιπροσωπεύει τήν ὀλική ἠλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  τῶν δύο πηγῶν. Σημειώστε τήν στόν Πίνακα 13.4.2 καί συγκρίνετέ τήν μέ τό ἄθροισμα  $E_1 + E_2$ .

ε) Κλείστε τό διακόπτη δ καί μετρήστε τό ρεῦμα  $I$  του κυκλώματος καί τήν πολική τάση  $U$  τῆς συστοιχίας τῶν πηγῶν σημειώνοντας τίς τιμές τους στόν Πίνακα 13.4.2.

στ) Ὑπολογίστε τήν ἐσωτερική ἀντίσταση  $r$  τῆς συστοιχίας ἀπό τή σχέση (9) τῆς παραγράφου 13.2, σημειώστε τή στόν Πίνακα 13.4.2 καί συγκρίνετέ τήν μέ τό ἄθροισμα  $r_1 + r_2$ .

### 13.4.3 Παράλληλη σύνδεση πηγῶν.

α) Σημειώστε στίς ἀντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 13.4.3 τίς τιμές τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων  $E_1$ ,  $E_2$  καί τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων  $r_1$ ,  $r_2$  τῶν δύο πηγῶν πού ἔχουν βρεθεῖ στήν ὑποπαράγραφο 13.4.1.

β) Ὑπολογίστε τήν ἰσοδύναμη ἐσωτερική ἀντίσταση του συγκροτήματος τῶν δύο παράλληλα συνδεμένων πηγῶν ἀπό τή σχέση (6) τῆς παραγράφου 13.2 καί σημειώστε τήν στόν Πίνακα 13.4.3.

γ) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 13.3γ (στό ὁποῖο οἱ δύο πηγές συνδέονται παράλληλα) μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ.

δ) Μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ ἡ ἔνδειξη του βολτομέτρου ἀντιπροσωπεύει τήν ὀλική ἠλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  τῶν δύο πηγῶν. Σημειώστε τήν στόν Πίνακα 13.4.3 καί συγκρίνετέ τή μέ τίς  $E_1$  καί  $E_2$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.4.3.

$E_1(V)$	$E_2(V)$	$r_1(\Omega)$	$r_2(\Omega)$	$\frac{1}{1/r_1 + 1/r_2} (\Omega)$
	$E(V)$	$I(A)$	$U(V)$	$r(\Omega)$
$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_1 + I_2(A)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$

ε) Κλείστε τό διακόπη  $\delta$  και μετρήστε τό ρεύμα  $I$  του κυκλώματος και τήν πολική τάση  $U$  στά άκρα των δύο πηγών σημειώνοντας τής τιμές τους στον Πίνακα 13.4.3.

στ) Ύπολογίστε τήν έσωτερική αντίσταση  $r$  του συστήματος των δύο παραλλήλων πηγών από τή σχέση (9) τής παραγράφου 13.2, σημειώστε την στον Πίνακα 13.4.3 και συγκρίνετέ την μέ τήν  $r$  που προέκυψε στήν έργασία β.

ζ) Μετρήστε μέ τά άμπερόμετρα  $A_1, A_2$  τής έντάσεις  $I_1, I_2$  διά των πηγών και σημειώστε τις στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 13.4.3.

η) Ύπολογίστε τό άθροισμα  $I_1 + I_2$ , σημειώστε το στον Πίνακα 13.4.3 και κάνετε σύγκριση μέ τό  $I$  έπαληθεύοντας έτσι τον  $A'$  κανόνα του Κίρχωφ.

θ) Ύπολογίστε τής πολικές τάσεις  $U_1, U_2$  των πηγών από τή σχέση (8) τής παραγράφου 13.2, σημειώστε τις στον Πίνακα 13.4.3 και συγκρίνετέ τις μέ τήν  $U$ .

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ**  
**ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**  
**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΣΗ**

**14.1 Σκοπός.**

- Η επίδειξη διαφόρων βαττομέτρων και η εξοικείωση με τα βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Ο πειραματικός προσδιορισμός της ισχύος ενός καταναλωτή συνεχούς ρεύματος με βολτόμετρο και άμπερόμετρο και η μέτρηση της ισχύος αυτής με βαττόμετρο.
- Η πειραματική μελέτη της μεταβολής της ισχύος ενός καταναλωτή συνεχούς ρεύματος, όταν μεταβάλλεται η τάση που επικρατεί στους άκροδέκτες του.

**14.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.**

Στό συνεχές ρεύμα, η ηλεκτρική ισχύς  $P$  που καταναλώνεται σε ένα τμήμα κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

$$P = U \cdot I \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

όπου:  $U$  η τάση μεταξύ των άκρων του κυκλώματος, σε  $V$  και  
 $I$  η ένταση που περνά από αυτό, σε  $A$ .

Όταν τό τμήμα του κυκλώματος είναι ένας καταναλωτής αντίστασης  $R$ , η ισχύς που καταναλώνεται σ' αυτόν δίνεται και από τις σχέσεις:

$$P = I^2 \cdot R \quad (2) \quad \text{ή} \quad P = \frac{U^2}{R} \quad (3)$$

Στις παραπάνω σχέσεις η αντίσταση  $R$  εκφράζεται σε  $\Omega$ .

Όπως προκύπτει από τή σχέση  $P = U \cdot I$ , για νά βρούμε τήν ισχύ συνεχούς ρεύματος πού καταναλώνεται σ' έναν καταναλωτή, αρκεί νά μετρήσουμε τήν τάση  $U$  στά άκρα του μέ ένα βολτόμετρο καί τήν ένταση  $I$  πού τόν διαρρέει μέ ένα άμπερόμετρο καί νά πολλαπλασιάσουμε τά δύο αυτά μεγέθη.

Τά βαττόμετρα εἶναι εἰδικά ὄργανα, τά ὁποῖα μετροῦν κατευθείαν τήν ισχύ. Τά βαττόμετρα ἀνήκουν στήν κατηγορία τῶν ἠλεκτροδυναμικῶν ὀργάνων μετρήσεως πού εἶναι κατάλληλα γιά μετρήσεις τόσο στό συνεχές ὅσο καί στό ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

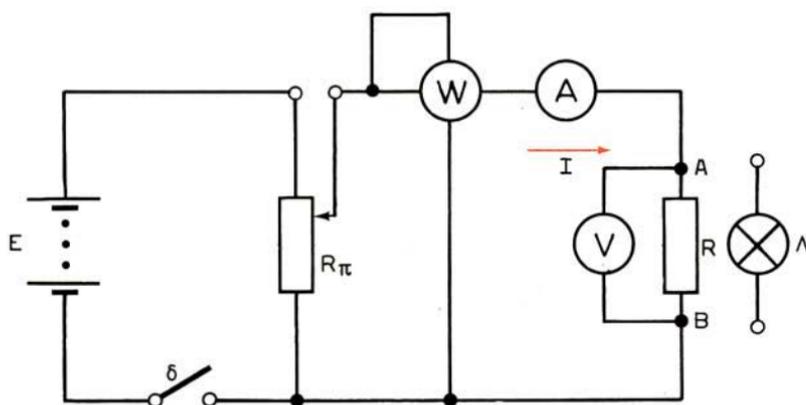
Τά βαττόμετρα ἔχουν στό ἐσωτερικό τους δύο πηνία:

- Τό πηνίο ἐντάσεως καί
- Τό πηνίο τάσεως.

Τά άκρα τῶν πηνίων συνδέονται σέ ξεχωριστούς άκροδέκτες.

Στήν άσκηση αὐτή αρχικά θά γίνει ἐπίδειξη διαφόρων βαττομέτρων. Στή συνέχεια θά βρεθεῖ πειραματικά ἡ ισχύς πού καταναλώνεται σέ μία αντίσταση καί σέ μία λυχνία πυρακτώσεως μέ βολτόμετρο καί άμπερόμετρο καί ταυτόχρονα μέ βαττόμετρο καί θά συγκριθοῦν τά ἀποτελέσματα. Ὁ παραπάνω ὑπολογισμός τῆς ισχύος θά γίνει γιά διάφορες τιμές τῆς τάσεως  $U$  τῶν καταναλωτῶν καί θά χαραχθεῖ ἡ καμπύλη μεταβολῆς τῆς ισχύος μέ τήν τάση γιά τόν καθένα ἀπό τούς δύο καταναλωτές.

### 14.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 14.3α), ὄργανα καί ὑλικά. Διαγράμματα (σχ. 14.3β καί 14.3γ).

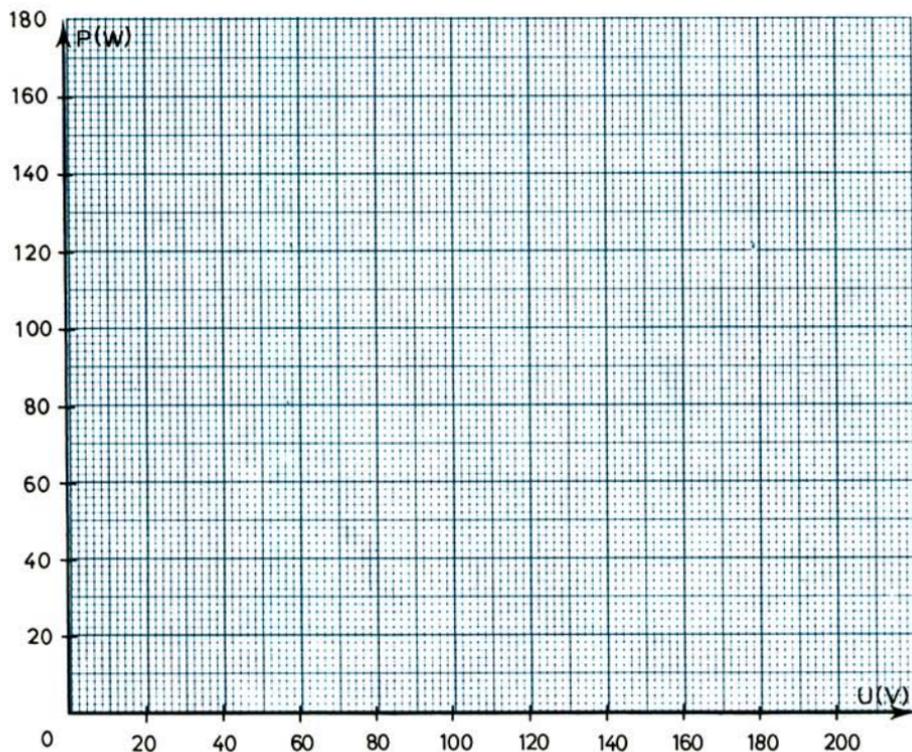


Σχ. 14.3α.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Καταμεριστής τάσεως  $R_{\pi}, 0 \div 240 \Omega, 2 \text{ A.}$
- Σταθερή αντίσταση  $R = 230 \Omega, 1 \text{ A.}$
- Λυχνία πυρακτώσεως  $L, 220 \text{ V}, 200 \text{ W.}$
- Άμπερόμετρο D.C.  $0 \div 1 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο D.C.  $0 \div 250 \text{ V.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V}, 0 \div 250 \text{ W.}$
- Διακόπτης  $\delta.$
- Δύο οποιαδήποτε άλλα βαττόμετρα.

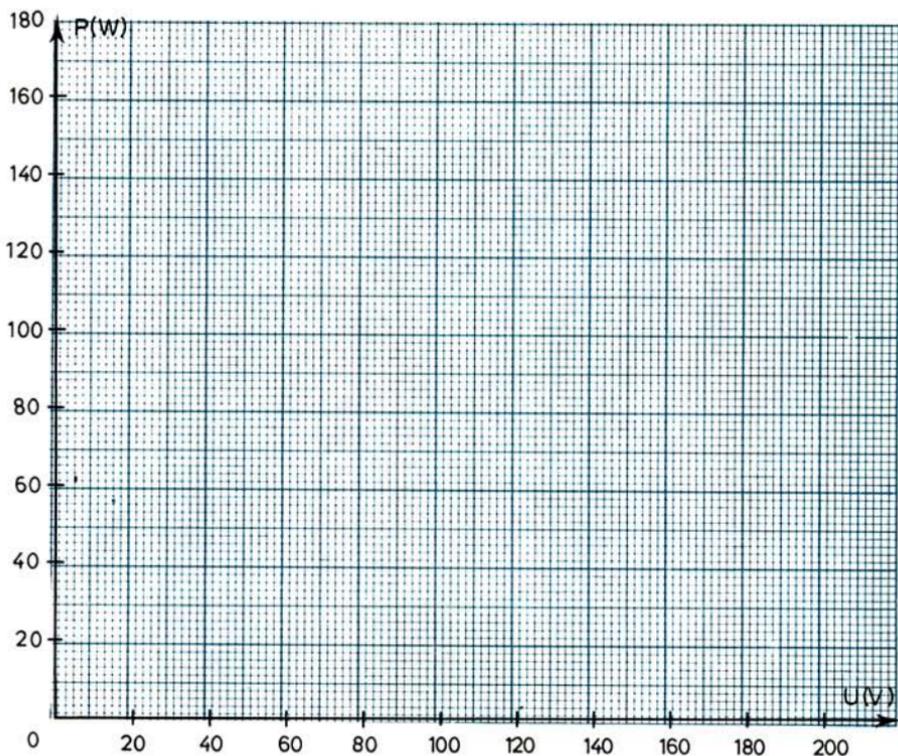
### Σημείωση:

Έπειδή οι καταναλωτές (ή  $R$  και ή λυχνία πυρακτώσεως) έχουν καθαρή αντίσταση, η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγή A.C., άμπερόμετρο A.C. και βολτόμετρο A.C.



Σχ. 14.3β.

Μεταβολή της ισχύος με την τάση στην αντίσταση  $R.$



Σχ. 14.3γ.

Μεταβολή τής ισχύος με τήν τάση στή λυχνία Λ.

## 14.4 Πορεία εργασίας.

### 14.4.1 Βαττόμετρα.

α) Έξετάστε ένα βαττόμετρο του εργαστηρίου καί σημειώστε τά στοιχεία του (περιοχή τάσεως, περιοχή έντάσεως, περιοχή μετρήσεως ισχύος, τοποθέτηση, είδος ρεύματος, τάση δοκιμής, είδος όργανου, κλάση) στίς αντίστοιχες θέσεις τής πρώτης κενής στήλης του Πίνακα 14.4.1.

β) Έπαναλάβετε τήν προηγούμενη εργασία γιά δύο άλλα βαττόμετρα καί συμπληρώστε τίς δύο τελευταίες στήλες του Πίνακα 14.4.1.

### 14.4.2 Πειραματικός προσδιορισμός τής ισχύος. Μεταβολή τής ισχύος με τήν τάση.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 14.3α με μηδενική

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.4.1.

Στοιχεία	1ο βαττόμ.	2ο βαττόμ.	3ο βαττόμ.
Περιοχή τάσεως (V)			
Περιοχή έντάσεως (A)			
Περιοχή μετρήσεων (W)			
Τοποθέτηση όργανου			
Είδος ρεύματος			
Τάση δοκιμής (kV)			
Είδος όργανου			
Κλάση			

τήν  $R_{\pi}$  (ώστε ο καταμεριστής τάσεως να δίνει  $U = 0$ ), και άνοιχτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ, μετρήστε τό ρεύμα  $I$  και σημειώστε το στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 14.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.4.2.

α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U (V)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
I (A)											
U . I (W)											
P (W)											

γ) Υπολογίστε την ισχύ που καταναλώνεται στή σταθερή αντίσταση  $R$  σαν γινόμενο  $U \cdot I$  και σημειώστε τη στον Πίνακα 14.4.2.

δ) Σημειώστε στον Πίνακα 14.4.2, από την ένδειξη του βαττομέτρου, την ισχύ  $P$  που καταναλώνεται στην  $R$ . Συγκρίνετε την ένδειξη του βαττομέτρου με τό γινόμενο  $U \cdot I$  (αν ο δείκτης του βαττομέτρου τείνει να κινηθεί προς τά άριστερά του μηδενός, αναστρέψτε τή σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεώς του, ώστε ή ένδειξη να γίνει θετική).

ε) Μετακινήστε τό δρομέα του καταμεριστή τάσεως, ώστε τό βολτό-

μετρο νά δείξει  $U = 20 \text{ V}$  και σημειώστε τό αντίστοιχο ρεύμα  $I$ , τό γινόμενο  $U \cdot I$  και τήν Ισχύ  $P$  σάν ένδειξη του βαττομέτρου στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 14.4.2.

στ) Έπαναλάβετε τήν ίδια έργασία για  $U = 40 \text{ V}$ ,  $U = 60 \text{ V}$  κ.ο.κ. μέχρι  $U = 200 \text{ V}$  (μέ βήματα τών  $20 \text{ V}$ ).

ζ) Έπαναφέρετε τό δρομέα του καταμεριστή στην αρχική του θέση (ώστε  $U = 0$ ), ανοίξτε τό διακόπη  $\delta$  και συνδέστε μεταξύ τών  $A, B$  τή λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$  αντί για τή σταθερή αντίσταση  $R$ .

η) Έπαναλάβετε τίς εργασίες β ώς και στ για τή λυχνία  $\Lambda$  συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 14.4.3.

θ) Παραστήστε γραφικά στά διαγράμματα τών σχημάτων 14.3β και 14.3γ τή μεταβολή τής ισχύος  $P$  που καταναλώνεται στην αντίσταση  $R$  και στη λυχνία  $\Lambda$  αντίστοιχως, όταν μεταβάλλεται ή τάση  $U$  στα άκρα τής καταναλώσεως παίρνοντας σάν τιμή τής  $P$  τήν ένδειξη του βαττομέτρου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14.4.3.**

a/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U (V)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
I (A)											
$U \cdot I$ (W)											
P (W)											

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΠΕΜΠΤΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 15.1 Σκοπός.

- Ἡ επίδειξη διαφόρων μετρητῶν ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας (συνεχοῦς ρεύματος καί ἑξοικείωση μέ τά βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Ὁ προσδιορισμός τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας πού καταναλώνεται σ' ἓναν καταναλωτή:
  - α) Μέ βολτόμετρο, ἀμπερόμετρο καί χρονόμετρο.
  - β) Μέ βαττόμετρο καί χρονόμετρο.
  - γ) Μέ μετρητή ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας.

#### 15.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Στό συνεχές ρεύμα, ἡ ἠλεκτρική ἰσχύς  $P$ , ἡ ὁποία καταναλώνεται μέσα σ' ἓναν καταναλωτή, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$P = U \cdot I \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

ὅπου:  $U$  ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $V$  καί

$I$  ἡ ἔνταση πού περνᾷ ἀπό τόν καταναλωτή, σέ  $A$ .

Ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια  $A$  πού δαπανᾷται γιά νά λειτουργήσει ἓνας καταναλωτής, γιά ὀρισμένο χρονικό διάστημα, δίνεται ἀπό τίς σχέσεις:

$$A = P \cdot t \quad \text{σέ βαττῶρες (Wh)} \quad (2)$$

$$\text{ἢ} \quad A = \frac{P \cdot t}{1000} \quad \text{σέ κιλοβαττῶρες (kWh)} \quad (3)$$

ὅπου:  $P$  ἡ ἰσχύς τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $W$  καί

$t$  ὁ χρόνος λειτουργίας τοῦ καταναλωτῆ, σέ ὥρες ( $h$ ).

Από τις δύο προηγούμενες σχέσεις προκύπτουν για τό συνεχές ρεύμα και οι ακόλουθες:

$$A = U \cdot I \cdot t \quad \text{σέ Wh} \quad (4)$$

$$\eta \quad A = \frac{U \cdot I \cdot t}{1000} \quad \text{σέ kWh} \quad (5)$$

όπου η τάση  $U$  πρέπει να εκφράζεται σε  $V$ , η ένταση  $I$  σε  $A$  και ο χρόνος  $t$  σε  $h$ .

Η άπευθείας μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από μία συσκευή, σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, γίνεται με ένα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος και μετρητές ενέργειας έναλλασσόμενου ρεύματος. Οι τελευταίοι υποδιαιρούνται σε μονοφασικούς και τριφασικούς ανάλογα με τό είδος του έναλλασσόμενου ρεύματος.

Ο μετρητής έχει ένα στρεφόμενο σύστημα, στόν άξονα του οποίου είναι στερεωμένος και ένας δίσκος από άλουμίνιο. Η ταχύτητα περιστροφής του δίσκου είναι άνάλογη με τήν ισχύ της καταναλώσεως. Μ' αυτό τόν τρόπο ο άριθμός τών στροφών που κάνει ο δίσκος σε όρισμένο χρόνο είναι άνάλογος πρός τήν ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε μέσα στό χρόνο αυτό.

Ο άριθμός  $c$  τών στροφών του δίσκου που άντιστοιχεί σε κατανάλωση ενέργειας ίση με  $1 \text{ kWh}$ , άποτελεί τή σταθερά του μετρητή και είναι γραμμένος στήν πινακίδα του μαζί με τά άλλα στοιχεία του μετρητή.

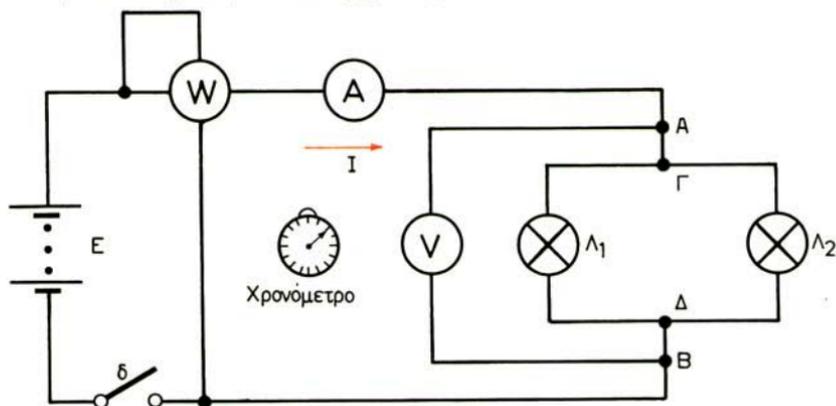
Αν  $A_1$  είναι η ένδειξη του μετρητή πριν από τήν τροφοδότηση της καταναλώσεως που εξετάζομε, και  $A_2$  η ένδειξη του μετά τήν τροφοδότηση της καταναλώσεως για όρισμένο χρόνο  $t$ , η ενέργεια που καταναλώθηκε στό χρόνο αυτό δίνεται από τή σχέση:

$$A = A_2 - A_1 \quad (6)$$

Στήν άσκηση αυτή άρχικά θά γίνει έπίδειξη διαφόρων μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας. Στή συνέχεια θά υπολογισθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε όρισμένο χρόνο από δύο λυχνίες πυρακτώσεως με βολτόμετρο, άμπερόμετρο και χρονόμετρο και ταυτόχρονα με βαττόμετρο και χρονόμετρο και θά γίνει σύγκριση τών άποτελεσμάτων. Τέλος θά υπολογισθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε μία άλλη κατανάλωση πρώτα από τή διαφορά τών ένδείξεων του μετρητή και ύστερα από τόν άριθμό στροφών του δίσκου του και θά συγκριθοϋν πάλι τά άποτελέσματα.

### 15.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί υλικά.

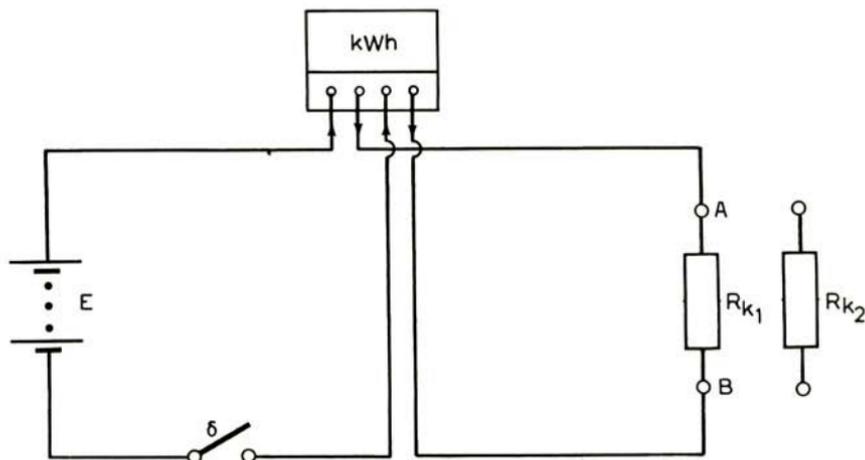
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 15.3α.



Σχ. 15.3α.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1 : 220 \text{ V, } 200 \text{ W,}$   
 $\Lambda_2 : 220 \text{ V, } 200 \text{ W.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V D.C.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V, } 0 \div 1000 \text{ W.}$
- Χρονόμετρο ακριβείας.
- Διακόπτης  $\delta$ .

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 15.3β.



Σχ. 15.3β.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Δύο καταναλωτές  $R_K$ , κατά προτίμηση μεγάλης ονομαστικής ισχύος, π.χ. ηλεκτρική θερμάστρα, ηλεκτρικό μάτι κλπ.
- Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας D.C. με ονομαστική τάση 220 V.
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Σημείωση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεῖ καί με πηγές A.C., βολτόμετρο A.C., άμπερόμετρο A.C. καί μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας A.C. (μονοφασικό) καί με καταναλωτή ωμική αντίσταση.

### Γιά τή συμπλήρωση τοῦ Πίνακα 15.4.1.

Δυό όποιοιδήποτε μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας (μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ καί ὁ παραπάνω).

## 15.4 Πορεία ἐργασίας.

### 15.4.1 Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας.

α) Ἐξετάστε ἕνα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας τοῦ ἐργαστηρίου καί σημειώστε τά στοιχεῖα του (τύπος, ἀριθμός, εἶδος ρεύματος, ἀριθμός φάσεων, τάση, ἔνταση, συχνότητα, σταθερά μετρητή) στίς ἀντίστοιχες θέσεις τῆς πρώτης κενῆς στήλης τοῦ Πίνακα 15.4.1.

β) Ἀφαιρέστε τό κάλυμμα τοῦ μετρητή καί παρατηρήστε τά διάφορα

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15.4.1.**

Στοιχεῖα	1ος μετρητής	2ος μετρητής
Τύπος μετρητή		
Ἀριθμός μετρητή		
Εἶδος ρεύματος		
Ἀριθμός φάσεων		
Τάση (V)		
Ἔνταση (A)		
Συχνότητα (Hz)		
Σταθερά (στρ/kWh)		

στοιχεία από τα όποια αποτελείται ένας μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος.

γ) Έπαναλάβετε την εργασία α για άλλον ένα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και συμπληρώστε την τελευταία στήλη του Πίνακα 15.4.1.

### 15.4.2 Πειραματικός προσδιορισμός της ηλεκτρικής ενέργειας με βολτόμετρο, αμπερόμετρο και χρονόμετρο και με βαττόμετρο και χρονόμετρο.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 15.3α με άνοικτο τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε το διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε την τάση  $U$  στα άκρα Α, Β των δύο λυχνιών, την ολική ένταση  $I$  του κυκλώματος και την ισχύ  $P$  που καταναλώνεται στις δύο παράλληλα συνδεδεμένες λυχνίες και σημειώστε τις στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 15.4.2. Οι τιμές των  $U$ ,  $I$ ,  $P$  πρέπει να είναι σταθερές.

δ) Θέσετε σε λειτουργία το χρονόμετρο μέχρι να συμπληρωθεί χρόνος  $t = 10 \text{ min}$  (πρώτα λεπτά). Κατά τη διάρκεια του χρόνου  $t$  παρακολουθείτε συνεχώς αν οι τιμές των  $U$ ,  $I$ ,  $P$  είναι σταθερές. Σημειώστε την τιμή του  $t$  σε min και σε h (ώρες) στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 15.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15.4.2.**

U (V)	I (A)	t (min)	t (h)	A (Wh)	A (kWh)
	P (W)	t (min)	t (h)	A (Wh)	A (kWh)

ε) Υπολογίστε την ενέργεια που καταναλώθηκε κατά τό χρόνο  $t$  στις δύο παράλληλες λυχνίες από τις σχέσεις (2), (3), (4) και (5) της παραγράφου 15.2, αρχικά σε Wh και μετά σε kWh, συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 15.4.2.

### 15.4.3 Πειραματικός ύπολογισμός της ηλεκτρικής ενέργειας με μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 15.3β με άνοικτο τό διακόπτη δ. Η κατανάλωση  $R_{K_1}$ , όπως και ή  $R_{K_2}$ , πρέπει κατά τό δυνατό να είναι μεγάλης ισχύος, ώστε να καταναλώνει αρκετή ενέργεια στό σύντομο κατ' ανάγκη χρόνο τής άσκήσεως. Π.χ. ή  $R_{K_1}$  μπορεί να

είναι μία θερμάστρα τής Σχολής, ένα συγκρότημα πολλών λαμπτήρων τάσεως 220 V και σημαντικής ισχύος συνδεδεμένων παράλληλα κ.ο.κ.

β) Μέ άνοικτό τό διακόπη δ, σημειώστε στόν Πίνακα 15.4.3 τήν άρχική ένδειξη  $A_1$  τοῦ μετρητή.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ, μετρήστε  $\Sigma = 200$  στροφές τοῦ δίσκου τοῦ μετρητή καί άνοιξτε τό διακόπη.

δ) Σημειώστε στίς αντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 15.4.3 τήν τελική ένδειξη  $A_2$  τοῦ μετρητή, τόν άριθμό στροφών τοῦ δίσκου ( $\Sigma = 200$ ) καί τή σταθερά  $c$  τοῦ μετρητή.

ε) Ὑπολογίστε τήν ένέργεια πού καταναλώθηκε άφενός άπό τή διαφορά  $A_2 - A_1$  τών ένδείξεων καί άφετέρου άπό τό πηλίκον  $\Sigma/c$  καί σημειώστε τη στόν Πίνακα 15.4.3. Συγκρίνατε τά δύο άποτελέσματα.

στ) Ἀνοιξτε τό διακόπη δ, αντικαταστήστε τήν κατανάλωση  $R_{K_1}$  μέ τήν  $R_{K_2}$  καί έπαναλάβετε τίς έργασίες β, γ, δ καί ε.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15.4.3.**

	$A_1$ (kWh)	$A_2$ (kWh)	$\Sigma$ (στρ)	$c$ (στρ/kWh)	$A_2 - A_1$ (kWh)	$\Sigma/c$ (kWh)
$R_{K_1}$						
$R_{K_2}$						

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΚΤΗ

### ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### ΕΥΡΕΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

##### 16.1 Σκοπός.

- ‘Ο πειραματικός προσδιορισμός τής ισχύος μιᾶς συσκευῆς ἀπὸ τὴν ἐνέργεια πού καταναλώνει σέ ὀρισμένο χρόνο.
- ‘Η πειραματικὴ μελέτη τῆς μεταβολῆς τοῦ σφάλματος ἑνὸς μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔνταση ρεύματος πού τὸν διαρρέει (τό φορτίο του).

##### 16.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

‘Η ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια πού δαπανᾶται γιὰ νά λειτουργήσῃ μία συσκευή καί γενικότερα ἕνας καταναλωτῆς, γιὰ ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα, δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$A = P \cdot t \quad \text{σέ kWh} \quad (1)$$

ὅπου:  $P$  ἡ ἰσχύς τοῦ καταναλωτῆ, σέ kW καί  
 $t$  ὁ χρόνος λειτουργίας τοῦ καταναλωτῆ, σέ h.

‘Η ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἐκφράζεται καί ἀπὸ τὴ σχέση:

$$A = \frac{\Sigma}{c} \quad \text{σέ kWh} \quad (2)$$

ὅπου:  $\Sigma$  ὁ ἀριθμὸς στροφῶν πού κάνει ὁ δίσκος ἑνὸς μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας σέ χρονικὸ διάστημα  $t$ , ὅταν μετρᾷ ἀποκλειστικά καί μόνο τὴν ἐνέργεια πού ἀπορροφᾷ ὁ ἐξεταζόμενος καταναλωτῆς καί

$c$  ἡ σταθερὰ τοῦ μετρητῆ, σέ στρ/kWh.

‘Απὸ τίς παραπάνω σχέσεις παίρνομε τὴν ἀκόλουθη σχέση γιὰ τὴν ἰσχύ τοῦ καταναλωτῆ:

$$P = \frac{\Sigma}{c \cdot t} \quad \text{σέ kW} \quad (3)$$

όπου τό  $t$  έκφράζεται σέ  $h$ .

Τό σχετικό σφάλμα ενός μετρητή ήλεκτρικῆς ἐνέργειας, έκφρασμένο ἐπί τοῖς ἐκατό, ὑπολογίζεται ἀπό τή σχέση:

$$\sigma\% = \frac{c - c_1}{c_1} \cdot 100\% \quad (4)$$

όπου:  $c$  ἡ σταθερά πού ἀναγράφεται στό μετρητή, σέ στρ/kWh καί  
 $c_1$  ἡ πραγματική σταθερά τοῦ μετρητή, ὅταν περνᾶ μέσα ἀπό αὐτόν ρεῦμα  $I$ , σέ στρ/kWh.

Ἐάν προκύπτει  $\sigma\%$  μεγαλύτερο ἀπό τό μηδέν (δηλαδή ὅταν  $c > c_1$ ), σημαίνει ὅτι ὁ μετρητής καταγράφει ἐνέργεια μικρότερη ἀπό αὐτή πού καταναλώνεται πραγματικά, ἐνῶ ὅταν προκύπτει  $\sigma\%$  μικρότερο ἀπό τό μηδέν ἰσχύει τό ἀντίθετο.

Ἡ πραγματική σταθερά τοῦ μετρητή ὑπολογίζεται ἀπό τή σχέση:

$$c_1 = \frac{\Sigma \cdot 3,6 \times 10^6}{U \cdot I \cdot t} \quad \text{σέ στρ/kWh} \quad (5)$$

όπου:  $U$  ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ καταναλωτή, σέ  $V$ ,

$I$  ἡ ἔνταση διὰ τοῦ καταναλωτῆ σέ  $A$ ,

$t$  ὁ χρόνος λειτουργίας τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $s$  καί

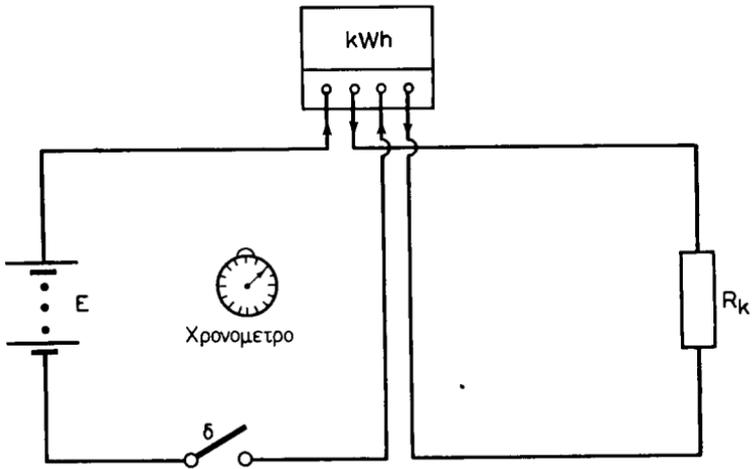
$\Sigma$  ὁ ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ δίσκου τοῦ μετρητή κατὰ τό χρόνο  $t$ .

Στὴν ἀσκηση αὐτή θὰ προσδιορίσουμε πειραματικά τὴν ἰσχύ ἑνός καταναλωτῆ ἀπό τή σχέση (3) τῆς παραγράφου 16.2 καί θὰ μελετήσουμε τὴ μεταβολή τοῦ σχετικοῦ σφάλματος  $\sigma\%$  ἑνός μετρητῆ ήλεκτρικῆς ἐνέργειας (πού δίνεται ἀπό τή σχέση (4) τῆς παραγράφου 16.2) μέ τό λόγο  $I/I_0$  τοῦ φορτίου  $I$  τοῦ μετρητῆ διὰ τοῦ ὀνομαστικοῦ του φορτίου  $I_0$ .

### 16.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καί ὕλικά. Διάγραμμα (σχ. 16.3γ).

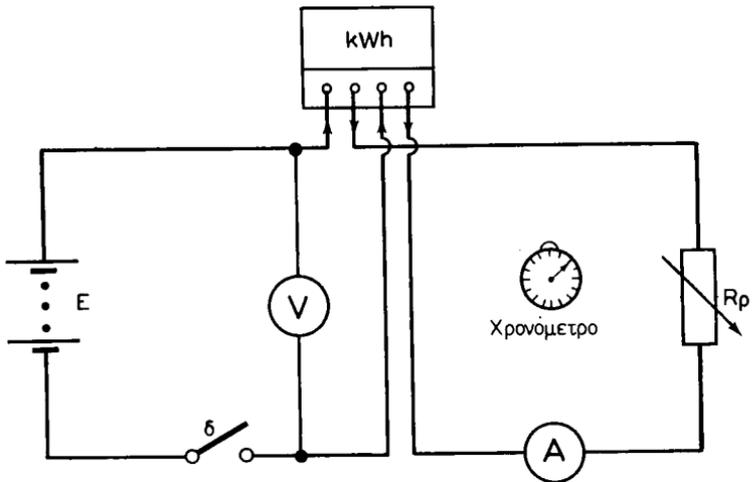
**Γιά τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 16.3β.**

- Πηγή σταθερῆς τάσεως  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p, 0 \div 75 \Omega, 6A.$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V D.C.}$
- Ἀμπερόμετρο  $0 \div 10 \text{ A D.C.}$
- Μετρητῆς ήλεκτρικῆς ἐνέργειας D.C. ὀνομαστικῆς τάσεως  $U_0 = 220 \text{ V}$  καί ὀνομαστικοῦ φορτίου  $I_0 = 5 \text{ A.}$
- Χρονόμετρο ἀκριβείας.
- Διακόπτης  $\delta.$



Σχ. 16.3α.

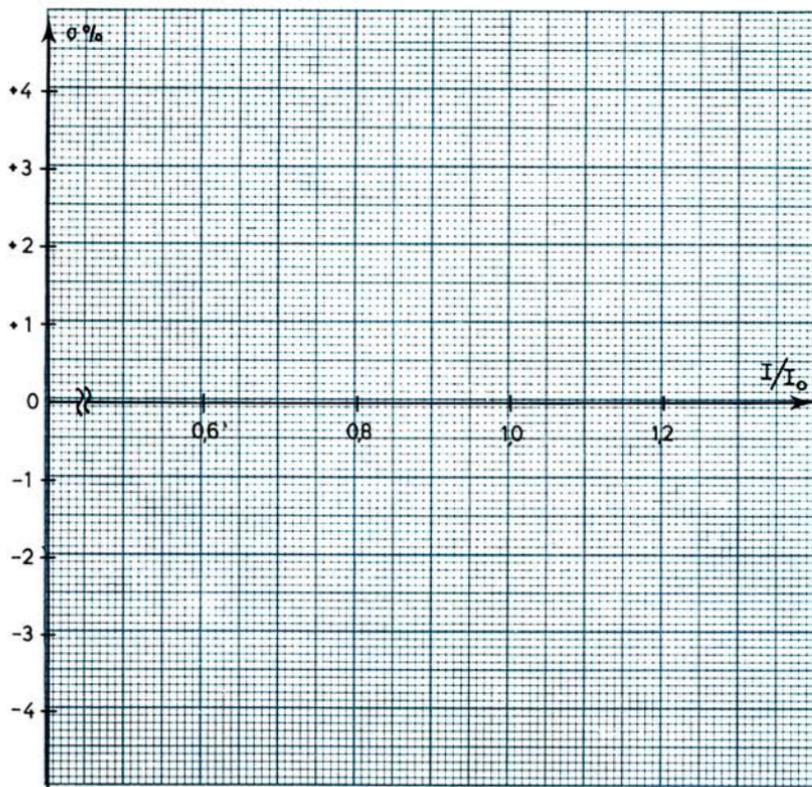
*Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 16.3β.*



Σχ. 16.3β.

- Πηγή σταθερής τάσεως  $E = 220 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 75 \Omega$ ,  $6 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V D.C.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 10 \text{ A D.C.}$

- Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας D.C. ονομαστικής τάσεως  $U_0 = 220 \text{ V}$  και ονομαστικού φορτίου  $I_0 = 5 \text{ A}$ .
- $\chi$  - Χρονόμετρο ακριβείας.
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 16.3γ.

Μεταβολή του  $\sigma\%$  με τό λόγο  $I/I_0$ .**Σημείωση:**

Ἡ ἄσκηση μπορεῖ νά ἐκτελεσθεῖ καί μέ πηγές A.C., ὄργανα μετρήσεως A.C., μετρητές ηλεκτρικής ἐνέργειας A.C. (μονοφασικούς) καί καταναλωτές μέ καθαρή ὠμική ἀντίσταση.

**16.4 Πορεία ἐργασίας.****16.4.1 Πειραματικός προσδιορισμός τῆς ἰσχύος καταναλωτῆ.**

- α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 16.3α μέ ἀνοικτό τό

διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Θέσετε σέ λειτουργία τό χρονόμετρο καί μετρήστε τόν αριθμό στροφών Σ πού κάνει ο δίσκος του μετρητή σέ χρόνο 10 λεπτών (min).

δ) Σημειώστε στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 16.4.1 τά μεγέθη Σ, c (= όνομαστική σταθερά του μετρητή) καί t σέ min καί h.

ε) Ύπολογίστε τήν ισχύ του καταναλωτή από τή σχέση (3) τής παραγράφου 16.2 καί σημειώστε τη στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 16.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16.4.1.**

Σ (στροφ)	c (στροφ/kWh)	t (min)	t (h)	P (kW)

### **16.4.2 Μεταβολή του σχετικού σφάλματος μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας μέ τό φορτίο του (γιά σταθερή τάση).**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 16.3β μέ ανοικτό τό διακόπτη δ, παρεμβάλλοντας αρχικά **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$  στό κύκλωμα.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν  $R_p$ , ώστε ή ένδειξη του άμπερομέτρου νά είναι ίση μέ  $I = 0,6$ .  $I_0 = 0,6 \times 5 \text{ A} = 3 \text{ A}$  καί σημειώστε τίς τιμές των U, I στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 16.4.2.

δ) Ύπολογίστε τό λόγο  $I/I_0$  καί σημειώστε τον στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 16.4.2.

ε) Μετρήστε μέ τό χρονόμετρο τό χρόνο  $t_1$  πού χρειάζεται γιά Σ = 30 στροφές του δίσκου του μετρητή συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 16.4.2.

στ) Γιά άκρίβεια στή μέτρηση του χρόνου επαναλάβετε τήν προηγούμενη μέτρηση καί πάλι γιά Σ = 30 στροφές του δίσκου. Σημειώστε τόν αντίστοιχο νέο χρόνο  $t_2$  καθώς καί τό μέσο όρο  $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$  στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 16.4.2.

ζ) Ύπολογίστε τήν πραγματική σταθερά  $c_1$  του μετρητή από τή σχέση (5) τής παραγράφου 16.2 καί τό σχετικό σφάλμα σ% του μετρητή από τή σχέση (4) τής παραγράφου 16.2 καί σημειώστε τα στόν Πίνακα 16.4.2.

η) Ήπαναλάβετε τίς εργασίες γ ως καί ζ μέ τάση πάντοτε ίση μέ τήν

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.4.2.

I(A)	U(V)	I/I <sub>0</sub>	Σ(στρ)	t <sub>1</sub> (sec)
3				
4				
5				
6				

I(A)	t <sub>2</sub> (sec)	t(sec)	c <sub>1</sub> (στρ/kWh)	σ%
3				
4				
5				
6				

ονομαστική ( $U = U_0 = 220 \text{ V}$ ), ενώ η ένταση πρέπει να παίρνει τιμές 4 A, 5 A και 6 A (βήματα του 1 A) με αριθμούς στροφών  $\Sigma = 40, 50$  και 60 αντίστοιχως.

θ) Παραστήσετε γραφικά στο διάγραμμα του σχήματος 16.3γ τη μεταβολή του σχετικού σφάλματος  $\sigma\%$  του μετρητή με τό λόγο  $I/I_0$ , όταν  $U = U_0 = \text{σταθ.}$

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΒΔΟΜΗ

### ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΑΠΟ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΗ

#### ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ

#### ΧΡΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ

##### 17.1 Σκοπός.

- 'Η πειραματική μελέτη τῆς υπερθερμάνσεως ἀγωγοῦ ἀπὸ ὑπερεντάσεις μέχρι ἐρυθροπυρώσεως καὶ τήξεώς του.
- 'Η πειραματική διαπίστωση τῆς ἐπιδράσεως τοῦ βραχυκυκλώματος στὰ ἠλεκτρικά μεγέθη (τάσεις, ἐντάσεις) ἐνὸς κυκλώματος καθὼς καὶ στὰ στοιχεῖα τοῦ κυκλώματος.
- 'Η πειραματική διαπίστωση τῆς ἀνάγκης χρήσεως ἀσφαλειῶν στὰ κυκλώματα καὶ γενικότερα στὶς ἠλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις.

##### 17.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα προκαλεῖ θέρμανση τῶν ἀγωγῶν μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους περνᾶ.

Ὅσο μεγαλώνει ἡ ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος τόσο περισσότερο θερμαίνεται ὁ ἀγωγός. Μὲ τὴν αὐξηση τοῦ  $I$  ὁ ἀγωγός ἐρυθροπυρώνεται (στὴν ἀρχὴ ἐλαφρά καὶ ὕστερα ὄλο καὶ πιὸ ἐντονα) καὶ τελικὰ λιώνει σὲ ἓνα ἢ καὶ περισσότερα σημεῖα του.

Γιὰ νὰ ἀποφεύγεται ἡ ὑπερβολικὴ θέρμανση τῶν ἀγωγῶν ἔχουν καταρτισθεῖ πίνακες πού γράφουν τὴ μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἔνταση πού μπορεῖ νὰ περάσει ἀπὸ αὐτοὺς, σὲ συνάρτηση μὲ τὴ διατομὴ τῶν ἀγωγῶν καὶ τὴ χρήση τους. Τέτοιοι πίνακες ὑπάρχουν γιὰ κάθε ὑλικὸ ἀπὸ τὸ ὁποῖο κατασκευάζονται ἀγωγοί.

Ὅταν δύο σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος συνδεθοῦν μεταξύ τους μέσω πολὺ μικρῆς ἀντιστάσεως (π.χ. μέσω ἐνὸς σύρματος), τότε λέμε ὅτι ὑπάρχει βραχυκύκλωμα μεταξύ τῶν σημείων αὐτῶν. Ἐπειδὴ ἡ ἀντίσταση τοῦ βραχυκυκλώματος εἶναι πολὺ μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ, ὄλο σχεδόν τὸ ρεῦμα περνᾶ ἀπὸ τὰ σημεῖα πού βραχυκυκλώθηκαν παρακάμπτοντας τὸν καταναλωτὴ καὶ ὅ,τι ἄλλο ὑπάρχει μετὰ τὴ θέση τοῦ βραχυκυκλώματος.

Ἡ ἔνταση  $I$  τοῦ ρεύματος πρὶν ἀπὸ τὴ θέση τοῦ βραχυκυκλώματος αὐξάνεται πολὺ καὶ μπορεῖ νὰ καταστρέφει τὰ στοιχεῖα τοῦ κυκλώματος ἀπὸ τὰ ὁποῖα περνᾷ (π.χ. ὄργανα μετρήσεως, ἀγωγούς).

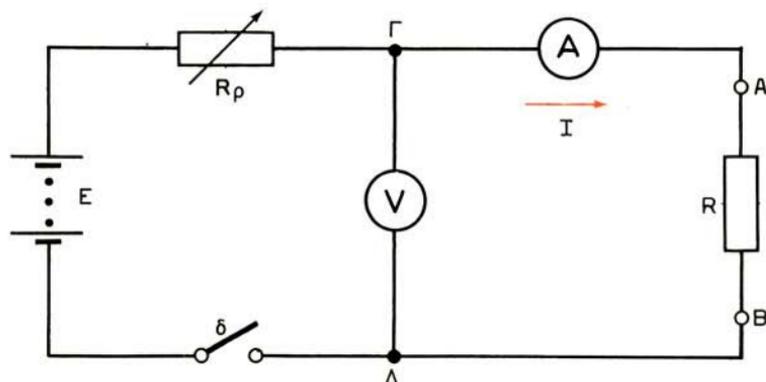
Γιὰ νὰ προστατευθοῦν τὰ στοιχεῖα τῶν κυκλωμάτων καὶ γενικότερα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων ἀπὸ τὴ διέλευση μεγάλων ρευμάτων λόγω βραχυκυκλωμάτων κλπ., χρησιμοποιοῦνται οἱ ἀσφάλειες. Ὑπάρχουν πολλὰ εἶδη ἀσφαλειῶν. Μία ἀπὸ τὶς πιὸ συνηθισμένες εἶναι ἡ ἀσφάλεια τήξεως. Αὐτὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα συρματάκι πού περιβάλλεται ἀπὸ ἓνα μονωτικό φυσίγγιο ἀπὸ πορσελάνη.

Τὰ συρματάκια τῶν ἀσφαλειῶν τήξεως κατασκευάζονται ἔτσι, ὥστε νὰ λιώνουν σὲ ὀρισμένες τυποποιημένες ἐντάσεις ρεύματος, π.χ. 10 A, 16 A, 20 A κλπ. Κάθε φορά πρέπει νὰ διαλέγομε ἀσφάλεια μέ ἔνταση μικρότερη ἢ ἴση ἀπὸ τὴ μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἐνταση τῶν ἀντιστοίχων ἀγωγῶν τῆς ἐγκαταστάσεως.

Στὴν ἀσκηση αὐτὴ θὰ μελετήσομε ἀρχικὰ τὴν ὑπερθέρμανση ἀγωγῶν ἀπὸ χρωμονικελίνη καὶ καντάλ ὅσο αὐξάνεται ἡ ἐνταση ρεύματος  $I$  πού περνᾷ μέσα ἀπὸ αὐτούς. Στὴ συνέχεια θὰ μελετήσομε τὴν ἐπίδραση ἑνὸς βραχυκυκλώματος στὶς ἐντάσεις καὶ τὶς τάσεις ἑνὸς ἀπλοῦ κυκλώματος καὶ τέλος τὴν προστασία πού δίνει ἡ ἀσφάλεια σ' ἓνα κύκλωμα.

### 17.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καὶ ὑλικά.

Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 17.3α.

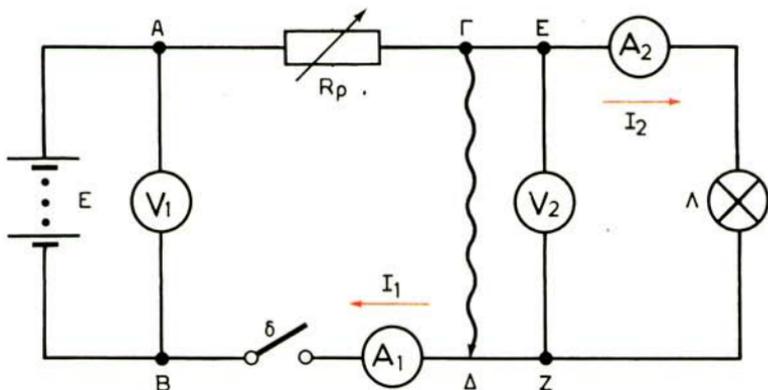


Σχ. 17.3α.

- Πηγή  $E = 100 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_\rho$ ,  $0 \div 60 \Omega$ ,  $7,5 \text{ A.}$

- Άμπερόμετρο  $0 \div 10$  A D.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 100$  V D.C.
- Άγωγός χρωμονικελίνης μήκους 1 m καί διαμέτρου 0,30 mm.
- Άγωγός από καντάλ μήκους 1 m καί διαμέτρου 0,30 mm.
- Ξύλινη βάση μέ ακροδέκτες γιά τή σύνδεση τῶν άγωγῶν.
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 17.3β.**

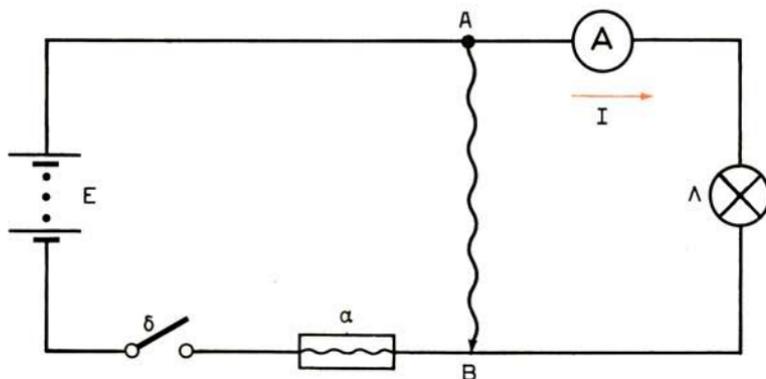


**Σχ. 17.3β.**

- Πηγή  $E = 220$  V D.C.
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 150$   $\Omega$ , 2,5 A.
- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ , 110 V, 100 W.
- Άμπερόμετρα D.C.:  $A_1$  :  $0 \div 2,5$  A,  
 $A_2$  :  $0 \div 1$  A.
- Βολτόμετρα D.C.:  $V_1$  :  $0 \div 150$  V,  
 $V_2$  :  $0 \div 250$  V.
- Βραχυκυκλωτής.
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 17.3γ.**

- Πηγή  $E = 220$  V D.C.
- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ , 220 V, 200 W.
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1$  A D.C.
- Βραχυκυκλωτής.
- Άσφάλεια  $\alpha$  τῶν 10 A.
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 17.3γ.

**Παρατήρηση:**

Ἡ ἄσκηση μπορεῖ νά ἐκτελεσθεῖ καί μέ πηγές A.C. καί ὄργανα μετρήσεως A.C.

**17.4 Πορεία ἐργασίας.****17.4.1 Ὑπερθέρμανση ἀγωγῶν.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 17.3α παρεμβάλλοντας **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$  καί μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ. Μεταξύ τῶν σημείων A,B συνδέστε τόν ἀγωγό χρωμονικελίνης μέ μήκος 1 m καί διάμετρο 0,30 mm. Κάτω ἀπό τόν ἀγωγό (ἀλλά ὄχι σέ ἐπαφή μέ αὐτόν) πρέπει νά βρίσκεται ἡ ξύλινη βάση γιά νά μήν προκληθεῖ ζημιά στό τραπέζι τοῦ ἐργαστηρίου ὅταν ὁ ἀγωγός λιώσει.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ, μετρήστε τό ἀρχικό ρεῦμα  $I_0$  καί σημειώστε το στόν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 17.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17.4.1.**

Ὑλικό	d (mm)	$I_0$ (A)	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_3$ (A)
Χρωμονικελίνη	0,30				
Καντάλ	0,30				

γ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$  μέχρις ὅτου ὁ ἀγωγός ἀρχίσει νά ἐρυθροπυρώνεται. Σημειώστε τό ἀντίστοιχο ρεῦμα  $I_1$  στόν Πίνακα 17.4.1.

δ) Συνεχίστε τή μεταβολή τῆς  $R_p$ , ὥστε τό ρεῦμα νά αὐξάνεται. Κατά τήν κανονική ἐρυθροπύρωση τοῦ ἀγωγοῦ, σημειώστε τό ἀντίστοιχο ρεῦμα  $I_2$  στόν Πίνακα 17.4.1.

ε) Συνεχίστε νά μειώνετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$  μέχρις ὅτου τό ρεῦμα γίνεϊ ἴσο μέ τήν ἀμέσως μεγαλύτερη τοῦ  $I_2$  ἀκέραια τιμή σέ Α ἢ δεκαδική τιμή μέ δεκαδικό μέρος 0,5 Α. Π.χ. ἂν  $I_2 = 4,2$  Α, νά φθάσετε τήν τιμή  $I = 4,5$  Α. Ἀφήστε νά περάσει χρόνος 10 s καί ἂν ὁ ἀγωγός δέν κοπεῖ σέ ἓνα τουλάχιστον σημεῖο του, αὐξήστε τό  $I$  κατά 0,5 Α. Ἀφήστε νά περάσει τό νέο  $I$  ἀπό τόν ἀγωγό ἐπί 10 s κ.ο.κ. μέχρι πού γιά κάποιον  $I$  ὁ ἀγωγός νά κοπεῖ. Τήν τιμή αὐτή τοῦ  $I$  σημειώστε τή στή στήλη  $I_3$  τοῦ Πίνακα 17.4.1.

στ) Ἀνοίξτε τό διακόπτη δ, παρεμβάλετε καί πάλι **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$ , ἀντικαταστήστε τόν ἀγωγό χρωμονικελίνης μέ διάμετρο 0,30 mm μέ τόν ἀγωγό ἀπό καντάλ μέ διάμετρο 0,30 mm καί ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες β ὡς καί ε.

### 17.4.2 Βραχυκύκλωμα.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 17.3β παρεμβάλλοντας **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$  καί μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλειστε τό διακόπτη δ καί μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$ , ὥστε ἡ τάση  $U_2$  στά ἄκρα τῆς λυχνίας Λ νά εἶναι ἴση μέ τήν ὀνομαστική τῆς τάση ( $U_2 = 110$  V).

γ) Μετρήστε μέ τά ἀμπερόμετρα τίς ἐντάσεις  $I_1$  καί  $I_2$  καί μέ τό βολτόμετρο  $V_1$  τήν τάση  $U_1$ . Σημειώστε τίς  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  στίς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 17.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.4.2.

$U_1$ (V)	$U_2$ (V)	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)
$U_{1β}$ (V)	$U_{2β}$ (V)	$I_{1β}$ (A)	$I_{2β}$ (A)

δ) Βραχυκυκλώστε τή λυχνία Λ συνδέοντας τό βραχυκυκλωτή μεταξύ τῶν σημείων Γ,Δ.

ε) Μετρήστε τώρα (μετά τό βραχυκύκλωμα) τήν τάση  $U_{2β}$  καί τήν ἐνταση  $I_{2β}$  τῆς λυχνίας Λ καί τά ἀντίστοιχα μεγέθη  $U_{1β}$  καί  $I_{1β}$  τοῦ ἀριστεροῦ μέρους τοῦ κυκλώματος καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 17.4.2. Συγκρίνετε τά μεγέθη  $U_{1β}$ ,  $U_{2β}$ ,  $I_{1β}$ ,  $I_{2β}$  μέ τά  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ .

### 17.4.3 Χρήση ασφάλειας σε κύκλωμα.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 17.3γ μέ άνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε τό ρεύμα  $I$  κατά τήν κανονική λειτουργία τής λυχνίας καί σημειώστε το στήν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 17.4.3.

δ) Βραχυκυκλώστε τή λυχνία  $\Lambda$  συνδέοντας τό βραχυκυκλωτή μεταξύ τῶν σημείων  $A, B$ . Ἡ ασφάλεια  $a$  πρέπει νά λιώσει προστατεύοντας ὄλο τό κύκλωμα πού εἶναι άριστερά άπό τό σημεία  $A, B$ .

ε) Σημειώστε στόν Πίνακα 17.4.3 τήν ένταση  $I'$  γιά τήν όποία έλιωσε ή ασφάλεια (τήν όνομαστική της ένταση).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17.4.3.**

$I$ (A)	$I'$ (A)

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΟΓΔΟΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

#### ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE

##### 18.1 Σκοπός.

- 'Ο πειραματικός προσδιορισμός αντιστάσεων με χρήση τής γέφυρας Wheatstone (Γουίτστον) καί τής γέφυρας Wheatstone με χορδή.
- 'Η σύγκριση τής μεθόδου μετρήσεως αντιστάσεων με βολτόμετρο καί άμπερόμετρο με τή μέθοδο τής γέφυρας Wheatstone.

##### 18.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Ένας άπλός τρόπος προσδιορισμού τής αντιστάσεως  $R_x$  ενός καταναλωτή είναι εκείνος πού προκύπτει άν εφαρμόσουμε τό νόμο του Όμ, άφοϋ πρώτα μετρήσουμε τήν τάση καί τήν ένταση του ρεύματος του καταναλωτή (μέθοδος βολτομέτρου - άμπερομέτρου), όπως αναφέραμε στην Άσκηση 4. 'Η μέθοδος αυτή δέ δίνει πολύ άκριβή άποτελέσματα. 'Η άκρίβεια τής μεθόδου έξαρτάται άπό τόν τρόπο συνδέσεως των οργάνων μετρήσεως.

Υπάρχουν δύο τρόποι συνδέσεως των οργάνων μετρήσεως για τόν προσδιορισμό μιās αντιστάσεως  $R_x$  με τή μέθοδο βολτομέτρου - άμπερομέτρου. 'Ο πρώτος τρόπος, πού φαίνεται στή συνδεσμολογία του σχήματος 18.3α, δίνει πιό άκριβή άποτελέσματα κατά τή μέτρηση μικρών αντιστάσεων καί σ' αυτόν συνδέεται τό βολτόμετρο στα άκρα τής  $R_x$  καί τό άμπερόμετρο σε σειρά προς τό παράλληλο κύκλωμα τής  $R_x$  καί του βολτομέτρου. 'Ο δεύτερος τρόπος πού φαίνεται στή συνδεσμολογία του σχήματος 18.3β, δίνει πιό άκριβή άποτελέσματα κατά τή μέτρηση μεγάλων αντιστάσεων. Στην περίπτωση αυτή τό άμπερόμετρο συνδέεται σε σειρά με τήν  $R_x$  καί τό βολτόμετρο παράλληλα προς τό σύστημα  $R_x$  καί άμπερομέτρου.

Όταν θέλομε νά μετρήσουμε τήν αντίσταση  $R_x$  με μεγαλύτερη άκρίβεια, χρησιμοποιούμε τή γέφυρα Wheatstone (σχ. 18.3γ).

Στή γέφυρα Wheatstone οί αντίσταςεις  $R_2$ ,  $R_3$  καί  $R_4$  περιέχονται μέσα στό κιβώτιο του όργάνου, ένώ ή  $R_x$  συνδέεται έξωτερικά σ' αυτό. Οί αντίσταςεις  $R_2$  καί  $R_4$  ή είναι σταθερές ή τίς μεταβάλλομε κατά βήματα (μέ τή βοήθεια βυσμάτων ή στροφάλων). 'Η  $R_3$  είναι μία στροφαλοφόρος αντίσταση μέ λεπτομερή μεταβολή τής τιμής της, π.χ. από 1 μέχρι 9999  $\Omega$  κατά βήματα του 1  $\Omega$ . Οί κόμβοι Α, Β τής γέφυρας συνδέονται μέ τήν πηγή. Μεταξύ των κόμβων Γ, Δ συνδέεται ένα πολύ εύαισθητο όργανο (μιλλιαμπερόμετρο ή γαλβανόμετρο) μέ τό μηδέν στή μέση τής κλίμακάς του. 'Ο ροοστάτης  $R_p$  χρησιμεύει γιά τή μεταβολή του ρεύματος τροφοδοτήσεως τής γέφυρας καί ό ροοστάτης  $R'_p$  γιά τή ρύθμιση τής εύαισθησίας της.

'Όταν δέν περνά ρεύμα από τόν κλάδο ΓΔ, λέμε ότι ή γέφυρα Wheatstone ίσορροπεί. 'Αποδεικνύεται τότε ότι ίσχύει ή σχέση:

$$R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_4} \quad (1)$$

'Από τή σχέση αυτή μέ τίς γνωστές τιμές των  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ , υπολογίζομε τήν  $R_x$  χωρίς νά χρειάζεται νά είναι γνωστές ή τάση  $U$  καί ή ένταση  $I$  στά διάφορα στοιχεία του κυκλώματος.

Παραλλαγή τής γέφυρας Wheatstone πού αναφέραμε παραπάνω είναι ή γέφυρα Wheatstone μέ χορδή, στήν όποία οί αντίσταςεις  $R_2$  καί  $R_4$  έχουν αντικατασταθεί, όπως φαίνεται στό σχήμα 18.3δ, από ένα μεταλλικό τετρωμένο σύρμα (χορδή) σταθερής διατομής. Τό ύλικό τής χορδής είναι συνήθως χρωμονικελίνη ή σίδερο, τά όποια έχουν μεγάλη ειδική αντίσταση  $\rho$ , γιά νά έχει ή χορδή αντίσταση μέ σημαντική τιμή. Κατά μήκος τής χορδής υπάρχει βαθμολογημένη κλίμακα, συνήθως σε cm. 'Ο κόμβος Δ αποτελείται από ένα δρομέα, πού κινείται κατά μήκος τής χορδής καί έφάπτεται σ' αυτή. 'Η αντίσταση  $R_3$  πρέπει στήν περίπτωση γέφυρας μέ χορδή, νά μεταβάλλεται χονδρικά καί, γιά μεγαλύτερη ακρίβεια, πρέπει νά έχει τήν ίδια τάξη μεγέθους μέ τήν  $R_x$ .

'Όταν ή γέφυρα Wheatstone μέ χορδή ίσορροπεί, δηλαδή όταν δέν περνά ρεύμα από τό μιλλιαμπερόμετρο ή τό γαλβανόμετρο, αποδεικνύεται ότι ίσχύει ή ακόλουθη σχέση:

$$R_x = R_3 \cdot \frac{l_2}{l_4} \quad (2)$$

από τήν όποία υπολογίζομε τήν  $R_x$  από τή γνωστή τιμή τής  $R_3$  καί τά μήκη  $l_2$ ,  $l_4$  των δύο μερών στά όποία χωρίζεται ή χορδή από τό δρομέα.

Τό απόλυτο σφάλμα  $a$  καί τό σχετικό σφάλμα επί τοις εκατό ( $\sigma\%$ ) τής μετρήσεως μιās αντίσταςεως δίνονται από τίς σχέσεις:

$$\alpha = R_x - R_0 \quad (3) \quad \text{καί} \quad \sigma\% = \frac{R_x - R_0}{R_0} \cdot 100\% \quad (4)$$

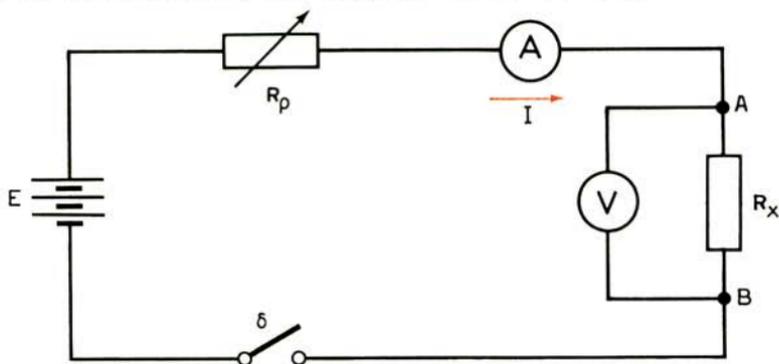
όπου:  $R_x$  ή τιμή της αντίστασης που προκύπτει κατά τη μέτρηση, σε  $\Omega$  και

$R_0$  ή πραγματική τιμή της αντίστασης, σε  $\Omega$ .

Στήν άσκηση αυτή θα προσδιορισθούν άρχικά οι τιμές τριών αντιστάσεων με τη μέθοδο βολτομέτρου - άμπερομέτρου. Ή μία από τις αντιστάσεις αυτές θα είναι μικρής τιμής, ή δεύτερη μέσης τιμής και ή τρίτη μεγάλης τιμής. Στή συνέχεια θα προσδιορισθούν οι τιμές των ίδιων αντιστάσεων με τη γέφυρα Wheatstone και τη γέφυρα Wheatstone με χορδή. Τέλος θα συγκριθούν τά αποτελέσματα των δύο πρώτων τρόπων προσδιορισμού των αντιστάσεων και θα υπολογισθούν τό απόλυτο και τό σχετικό σφάλμα της μετρήσεως της καθεμιάς από τις τρείς αντιστάσεις, με τήν παραδοχή ότι ή μέτρηση με τη γέφυρα Wheatstone δίνει τήν πραγματική τιμή της αντίστασης.

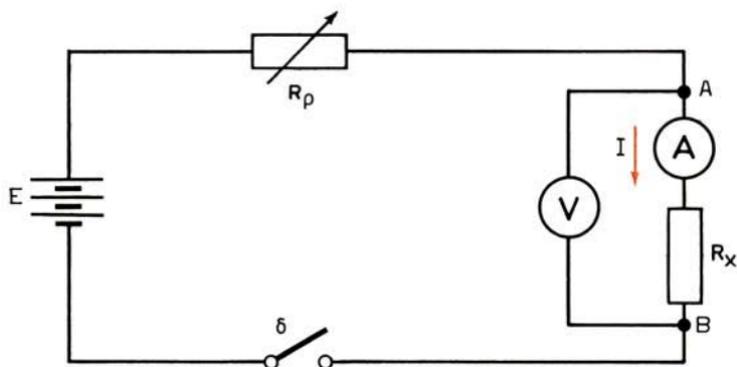
### 18.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά.

Γιά τις συνδεσμολογίες των σχημάτων 18.3α και 18.3β.



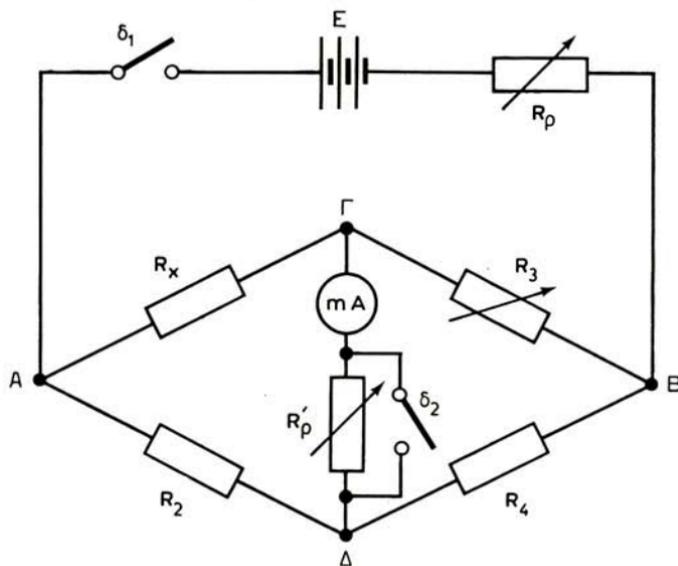
Σχ. 18.3α.

- Πηγή  $E = 100 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 5 \Omega$ ,  $10 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 10 \text{ A D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 100 \text{ V D.C.}$
- Σταθερές αντιστάσεις:  $R_A$ , τιμής μεταξύ  $5 \Omega$  και  $10 \Omega$ ,  
 $R_B$ , τιμής μεταξύ  $40 \Omega$  και  $60 \Omega$ ,  
 $R_\Gamma$ , τιμής της τάξεως των  $100 \Omega$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 18.3β.

Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 18.3γ.



Σχ. 18.3γ.

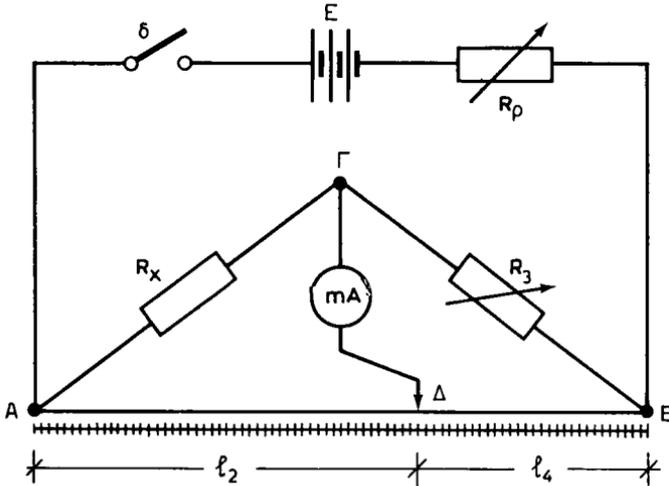
Γέφυρα Wheatstone.

α) Γέφυρα Wheatstone τοῦ ἐμπορίου πού περιλαμβάνει:

- Πηγή E D.C.
- Ροοστάτες  $R_{\rho}$  καί  $R'_{\rho}$ .
- Ἀντιστάσεις  $R_2, R_4$  σταθερῆς τιμῆς ἢ μεταβαλλόμενες κατὰ βήματα.

- Αντίσταση  $R_3$  με λεπτομερή μεταβολή τῆς τιμῆς τῆς.
  - Μιλλιαμπερόμετρο ἢ γαλβανόμετρο με τό μηδέν στή μέση τῆς κλίμακας του.
  - Διακόπτες  $\delta_1, \delta_2$ .
- β) Σταθερές ἀντιστάσεις  $R_A, R_B, R_\Gamma$  με ἄγνωστη τιμή (οἱ ἴδιες με τίς παραπάνω ἀντιστάσεις  $R_A, R_B, R_\Gamma$ ).

**Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 18.3δ.**



**Σχ. 18.36.**

Γέφυρα Wheatstone με χορδή.

- Πηγή E D.C.
- Σταθερές ἀντιστάσεις  $R_A, R_B, R_\Gamma$  με ἄγνωστη τιμή (οἱ ἴδιες με τίς παραπάνω  $R_A, R_B, R_\Gamma$ ).
- Ροοστάτες  $R_3$  καί  $R_\rho$ .
- Μεταλλική χορδή με σταθερή διατομή καί ὀλικό μήκος  $AB = l$ .
- Βαθμολογημένη κλίμακα κατά μήκος τῆς χορδῆς.
- Μιλλιαμπερόμετρο 1 mA - 0 - 1 mA D.C. ἢ γαλβανόμετρο με τό μηδέν στή μέση τῆς κλίμακας.
- Διακόπτης  $\delta$ .

## 18.4 Πορεία ἐργασίας.

### 18.4.1 Μέτρηση ἀντιστάσεων με βολτόμετρο καί ἀμπερόμετρο.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 18.3α περεμβάλλοντας **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_\rho$  καί συνδέστε τήν  $R_A$

μεταξύ των Α, Β με ανοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ καί μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ώστε ή ένταση I νά αύξηθει, όσο εἶναι δυνατό, γιά νά ἔχομε μεγαλύτερη ἀκρίβεια στή μέτρηση, χωρίς βέβαια νά ξεπεράσει τό πάνω ὄριο τῆς περιοχῆς μετρήσεως τοῦ ἀμπερομέτρου.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο καί τό ἀμπερόμετρο τήν τάση U καί τήν ένταση I καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 18.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 18.4.1.**

	$R_A$	$R_B$	$R_T$
U(V)			
I(A)			
$R_x(\Omega)$			

δ) Προσδιορίστε τήν τιμή τῆς  $R_A$  μέ τό νόμο τοῦ Ὠμ καί σημειώστε την στόν Πίνακα 18.4.1.

ε) Ἐνοῖξετε τό διακόπτη δ, ἀντικαταστήστε τήν  $R_A$  μέ τήν  $R_B$ , βραχυκυκλώστε τό ροοστάτη, ὥστε νά εἶναι  $R_p = 0$ , καί κλείστε τό διακόπτη δ.

στ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες γ καί δ γιά τόν προσδιορισμό τῆς  $R_B$ , συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 18.4.1.

ζ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες ε καί στ γιά τόν προσδιορισμό τῆς  $R_T$ , συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 18.4.1.

η) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 18.3β, ἐπαναλάβετε ὅλες τίς ἐργασίες ἀπό α ὡς καί ζ γιά τόν προσδιορισμό τῶν τιμῶν τῶν  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_T$  σύμφωνα μέ τή νέα συνδεσμολογία καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 18.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 18.4.2.**

	$R_A$	$R_B$	$R_T$
U(V)			
I(A)			
$R_x(\Omega)$			

### 18.4.2 Μέτρηση αντίστασεων με τη γέφυρα Wheatstone.

α) Διαβάστε τις οδηγίες χρήσεως της γέφυρας Wheatstone ή ενημερωθείτε για τη λειτουργία της από τον καθηγητή σας.

β) Συνδέστε την αντίσταση  $R_A$  στη θέση της άγνωστης αντίστασεως  $R_x$  (σχ. 18.3γ).

γ) Ακολουθώντας πάντοτε τις οδηγίες του κατασκευαστή της γέφυρας, μεταβάλετε την τιμή της μεταβλητής αντίστασεως  $R_3$ , ώστε το ρεύμα που περνά από το μιλλιαμπερόμετρο (ή το γαλβανόμετρο) να μη δεινισθεί, δηλαδή η γέφυρα να ισορροπήσει. "Αν δέν επιτυγχάνεται ισορροπία, προσαρμόστε κατάλληλα τις τιμές των  $R_2$ ,  $R_4$ , ώστε μεταβάλλοντας στη συνέχεια την  $R_3$  να επιτευχθεί ισορροπία.

δ) Σημειώστε στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 18.4.3 τις τιμές των  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  για τις όποιες η γέφυρα ισορρόπησε.

ε) Προσδιορίστε την τιμή της άγνωστης αντίστασεως  $R_x$  από τη σχέση (1) της παραγράφου 18.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 18.4.3.

στ) Έπαναλάβετε τις εργασίες β ως και ε για τον προσδιορισμό πρώτα της  $R_B$  και μετά της  $R_\Gamma$  και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 18.4.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.4.3.

	$R_A$	$R_B$	$R_\Gamma$
$R_2$ ( $\Omega$ )			
$R_3$ ( $\Omega$ )			
$R_4$ ( $\Omega$ )			
$R_x$ ( $\Omega$ )			

### 18.4.3 Μέτρηση αντίστασεων με τη γέφυρα Wheatstone με χορδή.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 18.3δ παρεμβάλλοντας **δλη** την αντίσταση  $R_p$  και με άνοικτο το διακόπτη δ.

β) Συνδέστε την αντίσταση  $R_A$  στη θέση της άγνωστης αντίστασεως  $R_x$  και κλείστε το διακόπτη δ.

γ) Μεταβάλετε την τιμή της  $R_3$ , αφού ένδεχομένως έχετε επίδρασει και στην  $R_p$ , ώστε το μιλλιαμπερόμετρο (ή το γαλβανόμετρο) να

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.4.4.

	$R_A$	$R_B$	$R_\Gamma$
$l_2(\text{cm})$			
$R_3(\Omega)$			
$l_4(\text{cm})$			
$R_x(\Omega)$			

δείχνει κάποιο μικρό ρεύμα όταν η κινητή έπαφή  $\Delta$  είναι στη μέση της χορδής  $AB$ . Σημειώστε την τιμή της  $R_3$  στον Πίνακα 18.4.4.

δ) Μέ σταθερή την  $R_3$  μετακινήστε την κινητή έπαφή  $\Delta$ , ώστε η γέφυρα να ισορροπήσει. Μετρήστε τα μήκη  $l_2$ ,  $l_4$  και σημειώστε τα στον Πίνακα 18.4.4.

ε) Προσδιορίστε την τιμή της  $R_x$  από τη σχέση (2) της παραγράφου 18.2 και σημειώστε την στον Πίνακα 18.4.4.

στ) Άνοιξτε τό διακόπτη  $\delta$ , αντικαταστήστε την αντίσταση  $R_A$  με την  $R_B$  και κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

ζ) Επαναλάβετε τις έργασίες  $\gamma$ ,  $\delta$  και  $\epsilon$  για τόν προσδιορισμό της  $R_B$  και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 18.4.4.

η) Επαναλάβετε τις έργασίες  $\sigma$  και  $\zeta$  για τόν προσδιορισμό της  $R_\Gamma$  και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 18.4.4.

#### **18.4.4 Έγολογισμός του άπόλυτου και του σχετικού σφάλματος των τιμών των αντίστάσεων που ύπολογίστηκαν με τή μέθοδο βολτομέτρου - άμπερομέτρου.**

α) Μεταφέρετε στην πρώτη στήλη του Πίνακα 18.4.5 τις τιμές των  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_\Gamma$  που προέκυψαν άπό τόν πρώτο τρόπο προσδιορισμού της αντίστάσεως με βολτόμετρο και άμπερόμετρο (Πίνακας 18.4.1).

β) Μεταφέρετε στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 18.4.5 τις τιμές των  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_\Gamma$  που προέκυψαν με τή χρησιμοποίηση της γέφυρας Wheatstone (πίνακας 18.4.3). Οί τιμές του Πίνακα 18.4.3 μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι οί πραγματικές τιμές, γι' αυτό στο έπάνω μέρος της δεύτερης στήλης του Πίνακα 18.4.5 ύπάρχει τό σύμβολο  $R_0$ .

γ) Έγολογίστε τό άπόλυτο σφάλμα  $a$  και τό σχετικό σφάλμα έπί τοίς έκατό ( $\sigma\%$ ) για καθεμιά άπό τις αντίστάσεις  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_\Gamma$  με τή βοήθεια

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.4.5.

	Περίπτωση σχήματος 18.3α				Περίπτωση σχήματος 18.3β			
	$R_x(\Omega)$	$R_0(\Omega)$	$\alpha(\Omega)$	$\sigma\%$	$R_x(\Omega)$	$R_0(\Omega)$	$\alpha(\Omega)$	$\sigma\%$
$R_A$								
$R_B$								
$R_\Gamma$								

των σχέσεων (3) και (4) που αναφέρονται στην παράγραφο 18.2. Συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 18.4.5.

δ) Μεταφέρετε στην πέμπτη στήλη του Πίνακα 18.4.5 τις τιμές των  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_\Gamma$  που προέκυψαν από το δεύτερο τρόπο προσδιορισμού της αντίστασης με βολτόμετρο και άμπερόμετρο (Πίνακας 18.4.2) και στην έκτη στήλη του Πίνακα 18.4.5 τις αντίστοιχες τιμές του Πίνακα 18.4.3.

ε) Επαναλάβετε την εργασία γ.

στ) Επιβεβαιώστε ότι ο πρώτος τρόπος προσδιορισμού αντιστάσεων με βολτόμετρο και άμπερόμετρο (συνδεσμολογία σχήματος 18.3α) δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα (δηλαδή μικρότερα σφάλματα) στις μικρές τιμές αντιστάσεων, ενώ ο δεύτερος τρόπος (συνδεσμολογία του σχήματος 18.3β) δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα στις μεγάλες τιμές αντιστάσεων.

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΝΑΤΗ

### ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΜΑΓΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΗΝΙΩΝ

#### ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

##### 19.1 Σκοπός.

- Η εύρεση του μαγνητικού φάσματος ενός εϋθύγραμμου καί ενός πεταλοειδοϋς μαγνήτη καί ο προσδιορισμός τής διευθύνσεως καί τής φοράς των μαγνητικών γραμμών μέ τή χρήση μαγνητικής βελόνας.
- Η εύρεση του μαγνητικού φάσματος πού δημιουργείται από ένα εϋθύγραμμο πηνίο διαρρεόμενο από ρεύμα, καί η έξάρτηση τής πολικότητας του πεδίου από τή φορά του ρεύματος.
- Η πειραματική μελέτη τής μαγνητίσεως καί απομαγνητίσεως ράβδου από μαλακό σίδηρο καί ράβδου από χάλυβα.

##### 19.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Μαγνήτες ονομάζονται τά σώματα πού έχουν τήν ιδιότητα νά έλκουν καί νά συγκρατοϋν τεμάχια από σίδηρο ή από όρισμένα άλλα υλικά.

Οί μαγνητικές ιδιότητες των μαγνητών εκδηλώνονται έντονα στα άκρα τους, δηλαδή στους πόλους τους: τό βόρειο πόλο (σύμβολο N) καί τό νότιο πόλο (σύμβολο S). Αντίθετα, οί ιδιότητες αυτές είναι πολύ έξασθενημένες ή καί μηδενικές γύρω από τό μέσο κάθε μαγνήτη, πού ονομάζεται οϋδέτερη ζώνη.

Ο χώρος γύρω από ένα μαγνήτη, στον όποιο άσκοϋνται οί μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζεται μαγνητικό πεδίο. Τό σύνολο των μαγνητικών γραμμών ενός μαγνητικού πεδίου άποτελεί τό μαγνητικό φάσμα. Σε κά-

θε σημείο του μαγνητικού πεδίου ό άξονας τής μαγνητικής βελόνας δίνει τή διεύθυνση τής μαγνητικής γραμμής ή του μαγνητικού πεδίου καί ό βόρειος πόλος της δείχνει τή φορά τής μαγνητικής γραμμής.

Μαγνητικά πεδία υπάρχουν καί γύρω από άγωγούς πού διαρρέονται από ρεύμα. Ό άγωγός μπορεί νά είναι ευθύγραμμος ή νά έχει τή μορφή σπείρας (κυκλικής, όρθογωνικής ή άλλου σχήματος) ή νά έχει τυλιχθεί σέ ένα ή περισσότερα στρώματα συνεχομένων σπειρών σέ μορφή πηνίου.

Οί μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου πού σχηματίζεται γύρω από ένα ευθύγραμμο (σωληνοειδές) πηνίο διαρρέομενο από ρεύμα, είναι καμπύλες στό έξωτερικό του πηνίου, ενώ στό έσωτερικό του, καί όχι κοντά στά άκρα του, είναι μέ μεγάλη προσέγγιση ευθείες παράλληλες πρός τόν άξονά του (όμοιογενές πεδίο).

Ένα σωληνοειδές πηνίο πού διαρρέεται από ρεύμα, συμπεριφέρεται όπως ένας ευθύγραμμος μαγνήτης μέ δύο πόλους (βόρειο καί νότιο) στά άκρα του. Ό καθορισμός τής πολικότητας του πεδίου πού δημιουργείται γίνεται μέ τόν κανόνα του δεξιού χεριού:

«Τοποθετούμε τό δεξί μας χέρι πάνω στό πηνίο, έτσι, ώστε τά τέσσερα δάχτυλα νά δείχνουν τή φορά του ρεύματος μέσα στίς σπείρες του πηνίου. Τότε ό αντίχειρας δείχνει τό άκρο του πηνίου πού είναι βόρειος πόλος».

Όπως είναι φανερό, όταν αλλάξει ή φορά του ρεύματος πού περνά από τό πηνίο, θά αλλάξει καί ή πολικότητα του μαγνητικού πεδίου πού δημιουργείται από τό πηνίο αυτό.

Αν στό έσωτερικό ενός πηνίου πού διαρρέεται από συνεχές ρεύμα τοποθετήσουμε μία ράβδο από μαλακό σίδηρο ή από χάλυβα, καί στίς δύο περιπτώσεις ή ράβδος θά μαγνητιστεί. Όταν ή ράβδος από μαλακό σίδηρο απομακρυνθεί από τό πηνίο, θά χάσει τίς μαγνητικές της ιδιότητες, ενώ ή χαλύβδινη ράβδος θά τίς διατηρήσει καί μετά τήν απομάκρυνσή της. Δηλαδή ή μαγνήτιση του μαλακού σιδήρου είναι παροδική, ενώ του χάλυβα μόνιμη.

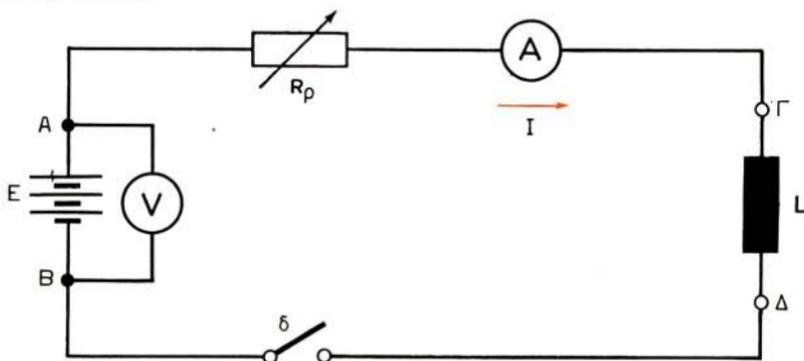
Στό έργαστήριο θά βρούμε άρχικά τό μαγνητικό φάσμα ενός ευθύγραμμου καί ενός πεταλοειδούς μαγνήτη καί θά προσδιορίσουμε τή διεύθυνση καί τή φορά των μαγνητικών γραμμών του πεδίου μέ τή βοήθεια μαγνητικής βελόνας. Στη συνέχεια θά βρούμε τό μαγνητικό φάσμα του πεδίου πού σχηματίζεται από σωληνοειδές πηνίο, μέσα καί έξω από αυτό, καί θά διαπιστώσουμε τήν έξάρτηση τής πολικότητας του πεδίου από τή φορά του ρεύματος του πηνίου. Τέλος θά μελετήσουμε πειραματικά τή μαγνήτιση μιās ράβδου από μαλακό σίδηρο καί μιās ράβδου από χάλυβα, καθώς καί τόν τρόπο απομαγνητίσεως τής χαλύβδινης ράβδου.

**19.3** Απαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 19.3α και 19.3β), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 19.3γ, 19.3δ και 19.3ε).

**Γιά τήν εύρεση του μαγνητικού φάσματος εὐθύγραμμου καί πεταλοειδοῦς μαγνήτη.**

- Εὐθύγραμμος μαγνήτης.
- Πεταλοειδής μαγνήτης.
- Μαγνητική βελόνα.
- Λεπτά ρινίσματα σιδήρου.
- Φύλλο σκληροῦ χαρτιοῦ ἢ χαρτόνι.

**Γιά τό μαγνητικό πεδίο εὐθύγραμμου πηνίου (συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 19.3α).**

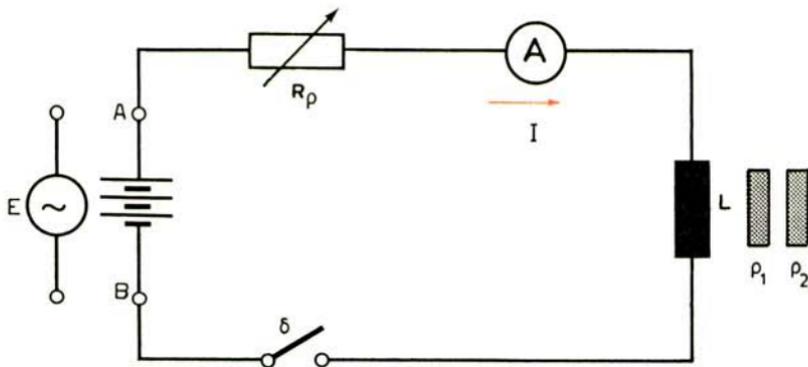


Σχ. 19.3α.

- Πηγή  $E = 20 \text{ V D.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 25 \text{ V D.C.}$
- Ἀμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 40 \Omega$ ,  $1 \text{ A.}$
- Πηνίο αέρα  $L$  μέ  $N = 1200$  σπείρες καί μήκος  $l = 10 \text{ cm}$  περίπου.
- Διακόπτης  $\delta$ .
- Μαγνητική βελόνα.
- Διαφανής λεπτή πλάκα  $\pi_1$  μικροῦ πλάτους.
- Διαφανής λεπτή πλάκα  $\pi_2$  μεγαλύτερου πλάτους.
- Ρινίσματα σιδήρου.

**Γιά τή μαγνήτιση καί ἀπομαγνήτιση ράβδου ἀπό μαλακό σίδηρο καί ράβδου ἀπό χάλυβα (συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 19.3β).**

- Πηγή  $E = 15 \text{ V D.C.}$



Σχ. 19.3β.

Σχ. 19.3γ.

Μαγνητικό πεδίο εϋθύγραμμου μαγνήτη.  
(Να σχεδιασθεί από το μαθητή).

- Πηγή  $E = 15 \text{ V A.C.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A}$  κατάλληλο για D.C. και A.C.
- Πηνίο άερα  $L$  με  $N = 1200$  σπείρες και μήκος  $l = 10 \text{ cm}$  περίπου.
- Ροοστάτης  $R_\rho$ ,  $0 \div 80 \Omega$ ,  $1 \text{ A}$
- Ράβδος  $\rho_1$  από μαλακό σίδηρο.
- Ράβδος  $\rho_2$  από χάλυβα.
- Διακόπτης  $\delta$ .
- Μαγνητική βελόνα.

**Σχ. 19.36.**

Μαγνητικό πεδίο πεταλοειδούς μαγνήτη.  
(Να σχεδιασθεί από το μαθητή).

**Σχ. 19.3ε.**

Μαγνητικό πεδίο εύθυγραμμου πηνίου.  
(Να σχεδιασθεί από το μαθητή).

## 19.4 Πορεία εργασίας.

### 19.4.1 Γιά τήν εὕρεση τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος εὐθύγραμμου καί πεταλοειδοῦς μαγνήτη.

α) Ἀπλώστε τὰ ρινίσματα σιδήρου στό σκληρό χαρτί ἢ τό χαρτόνι, πλησιάστε καί ἀκουμπήστε τόν εὐθύγραμμο μαγνήτη στά ρινίσματα καί στή συνέχεια ἀπομακρύνετε τόν ἀπό αὐτά. Παρατηρήστε ὅτι συσσωρεύτηκαν ῥινίσματα στούς πόλους τοῦ μαγνήτη, ἐνῶ στήν οὐδέτερη ζώνη ὑπάρχουν λίγα ἢ καθόλου ρινίσματα.

β) Ἀπομακρύνετε προσεκτικά τὰ ρινίσματα ἀπό τό μαγνήτη.

γ) Τοποθετήστε τόν εὐθύγραμμο μαγνήτη σέ μία ὀριζόντια ἐπιφάνεια καί ἐπάνω σ' αὐτόν, ἐπίσης ὀριζόντια, τοποθετήστε τό φύλλο τοῦ σκληροῦ χαρτιοῦ (ἢ τό χαρτόνι). Ρίξτε πάνω στό χαρτί τὰ ρινίσματα σιδήρου καί χτυπήστε λίγο μέ τό δάχτυλό σας τήν ἄκρη τοῦ χαρτιοῦ. Παρατηρήστε τό μαγνητικό φάσμα πού σχηματίζεται.

δ) Πλησιάστε τή μαγνητική βελόνα σέ διάφορες θέσεις τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος. Παρατηρήστε τή διεύθυνση τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν σέ διάφορες θέσεις τοῦ πεδίου ἀπό τή διεύθυνση τοῦ ἄξονα τῆς βελόνας στίς ἀντίστοιχες θέσεις καί τή φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἀπό τίς θέσεις τοῦ βόρειου πόλου τῆς βελόνας.

ε) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες α ὡς καί δ γιά τόν πεταλοειδή μαγνήτη.

στ) Σχεδιάστε μέ σκαρίφημα στά σχήματα 19.3γ καί 19.3δ τόν εὐθύγραμμο καί τόν πεταλοειδή μαγνήτη ἀντίστοιχα, τὰ μαγνητικά τους φάσματα καί τή διεύθυνση καί τή φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου τους σέ διάφορα σημεῖα τους.

### 19.4.2 Μαγνητικό πεδίο εὐθύγραμμου (σωληνοειδοῦς) πηνίου διαρρέομενου ἀπό ρεῦμα.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 19.3α μέ τό πηνίο L μεταξύ τῶν σημείων Γ, Δ τοποθετημένο πάνω σέ μία ὀριζόντια ἐπιφάνεια, ὥστε ὁ ἄξονάς του νά εἶναι ὀριζόντιος. Μέ ἀνοικτό τό διακόπτη δ παρεμβάλετε **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$ .

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$ , ὥστε ἡ ἔνταση  $I$  τοῦ κυκλώματος νά γίνει ἴση μέ 0,7Α.

δ) Τοποθετήστε τὰ ρινίσματα σιδήρου στή διαφανή πλάκα  $p_1$  (μικροῦ πλάτους), τοποθετήστε τήν πλάκα ὀριζόντια στό ἐσωτερικό τοῦ πηνίου καί χτυπήστε τήν ἐλαφρά στήν ἄκρη τῆς.

ε) Ἀνοίξτε τό διακόπτη δ, βγάλτε μέ προσοχή τήν πλάκα καί παρατηρήστε τή μορφή τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος στό ἐσωτερικό τοῦ πηνίου.

στ) Κλείστε τό διακόπη δ.

ζ) Τοποθετήστε τά ρινίσματα σιδήρου στή διαφανή πλάκα  $p_2$  (μεγαλύτερου πλάτους), τοποθετήστε τήν πλάκα όριζόντια δίπλα στό πηνίο, ώστε ή προέκτασή της νά περνά από τόν άξονά του καί χτυπήστε την έλαφρά στό άκρο της. Παρατηρήστε τή μορφή του μαγνητικού φάσματος στό έξωτερικό του πηνίου, καθώς έπίσης καί ότι οι μαγνητικές γραμμές στό έξωτερικό του πηνίου είναι άραιότερες, δηλαδή τό πεδίο είναι ασθενέστερο από ό,τι στό έσωτερικό του.

η) Πλησιάστε τή μαγνητική βελόνα σέ διάφορες θέσεις των μαγνητικών γραμμών (στήν πλάκα  $p_2$ ) καί έπιβεβαιώστε ότι ό άξονας της βελόνας σέ κάθε θέση συμπίπτει μέ τή διεύθυνση της μαγνητικής γραμμής στή θέση αυτή. Έπίσης από τή θέση του βόρειου πόλου της βελόνας καθορίστε τή φορά των μαγνητικών γραμμών έξω από τό πηνίο καί τήν πολικότητα του πεδίου (δηλαδή ποιό άκρο του πηνίου έγινε βόρειος πόλος καί ποιό νότιος).

θ) Καθορίστε τήν πολικότητα του πεδίου μέ τόν κανόνα του δεξιού χεριού καί συγκρίνετε τό αποτέλεσμα μέ αυτό που βρήκατε παραπάνω.

ι) Άνοιξτε τό διακόπη δ, έναλλάξτε τή σύνδεση των πόλων της πηγής, όποτε αλλάζει ή φορά του I διά του πηνίου, καί κλείστε τό διακόπη δ.

ια) Πραγματοποιήστε τίς εργασίες ζ ως καί θ καί παρατηρήστε ότι μέ τήν άλλαγή της φοράς του ρεύματος I άντιστράφηκε καί ή πολικότητα του πεδίου.

ιβ) Σχεδιάστε στό σχήμα 19.3ε τό πηνίο L, τό μαγνητικό φάσμα του, τή διεύθυνση καί τή φορά των μαγνητικών γραμμών καί τήν πολικότητα του πεδίου του (για τήν άρχική φορά του I, δηλαδή πριν τήν άναστροφή της που έγινε στην εργασία ι).

### **19.4.3 Μαγνήτιση και άπομαγνήτιση ράβδου από μαλακό σίδηρο και ράβδου από χάλυβα.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 19.3β παρεμβάλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$  μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Τοποθετήστε τή ράβδο  $r_1$  από μαλακό σίδηρο μέσα στό πηνίο καί κλείστε τό διακόπη δ.

γ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή της  $R_p$ , ώστε ή ένταση I διά του κυκλώματος νά γίνει 0,7 A.

δ) Έπαληθεύστε μέ τή μαγνητική βελόνα ότι ή ράβδος  $r_1$  (ή όποία πρέπει νά συνεχίσει νά είναι μέσα στό πηνίο) απέκτησε μαγνητικές ιδιότητες.

ε) Άπομακρύνετε τή ράβδο  $r_1$  από τό πηνίο καί έπιβεβαιώστε μέ τή βοήθεια της μαγνητικής βελόνας ότι έχασε τίς μαγνητικές της ιδιότητες.

στ) Παρεμβάλετε πάλι ὄλη τήν ἀντίσταση  $R_p$  στό κύκλωμα καί ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες β, γ καί δ γιά τή χαλύβδινη ράβδο  $\rho_2$ .

ζ) Ἀπομακρύνετε τή ράβδο  $\rho_2$  ἀπό τό πηνίο καί ἐπιβεβαιώστε μέ τή βοήθεια τῆς μαγνητικῆς βελόνας ὅτι διατηρεῖ τίς μαγνητικῆς τῆς ιδιότητες.

η) Ἀνοίξτε τό διακόπτη δ, ἀντικαταστήστε τήν πηγὴ D.C. μέ τήν πηγὴ A.C., τοποθετήστε πάλι τή ράβδο  $\rho_2$  στό πηνίο καί κλείστε τό διακόπτη δ.

θ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμὴ τοῦ ροοστάτη  $R_p$ , ὥστε τό ρεῦμα διὰ τοῦ κυκλώματος νά εἶναι  $I = 0,8$  A.

ι) Ἐξετάστε τίς μαγνητικῆς ιδιότητες τῆς ράβδου  $\rho_2$  μέ τή μαγνητικὴ βελόνα.

ια) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$ , ὥστε τό ρεῦμα νά παίρνει τιμές  $I = 0,7$  A,  $I = 0,6$  A κ.ο.κ. (κατὰ βήματα τοῦ 0,1 A) καί νά παραμένει σταθερό γιά ἓνα λεπτό σέ κάθε τιμὴ. Αὐτό νά συνεχιστεῖ μέχρις ὅτου παρεμβληθεῖ ὄλη ἡ ἀντίσταση  $R_p$  στό κύκλωμα, ὁπότε ἀνοίξτε τό διακόπτη δ.

ιβ) Ἐπιβεβαιώστε μέ τή βοήθεια τῆς μαγνητικῆς βελόνας ὅτι ἡ χαλύβδινη ράβδος  $\rho_2$  ἔχασε τίς μαγνητικῆς τῆς ιδιότητες.

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ**  
**ΕΛΚΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΗ**  
**ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ**

**20.1 Σκοπός.**

- Η διαπίστωση της αναπτύξεως έλκτικης δυνάμεως από έναν ήλεκτρομαγνήτη στόν όπλισμό του καί ή πειραματική μελέτη της μεταβολής της δυνάμεως αύτης μέ τό ρεύμα καί τόν άριθμό σπειρών του πηνίου του ήλεκτρομαγνήτη.
- Ό ύπολογισμός της μαγνητικής έπαγωγής του πεδίου καί ή έξάρτησή της από τίς παραμέτρους που αναφέρονται παραπάνω.
- Η πειραματική έπιβεβαίωση ότι ή έλκτική δύναμη ήλεκτρομαγνήτη (καί ή μαγνητική έπαγωγή) έξαρτάται από τό διάρρευμα  $\Theta$  του πηνίου του ήλεκτρομαγνήτη.

**20.2 Είσαγωγικές πληροφορίες.**

Η δύναμη που άσκει ένας πόλος ενός ήλεκτρομαγνήτη στόν όπλισμό του, δίνεται από τή σχέση:

$$F = 4 \times 10^5 \cdot B_a^2 \cdot S \quad \text{σε N} \quad (1)$$

όπου:  $B_a$  ή μαγνητική έπαγωγή στο διάκενο μεταξύ πόλου καί όπλισμού του ήλεκτρομαγνήτη, σε T καί

$S$  τό έμβαδόν της διατομής του διακένου από τό όποιο περνοϋν οί μαγνητικές γραμμές προς τόν όπλισμό, σε  $m^2$ .

Όταν τό μαγνητικό πεδίο μεταξύ πόλου καί όπλισμού είναι όμοιογενές, τό έμβαδόν  $S$  του διακένου ίσοϋται μέ τή διατομή του πυρήνα του ήλεκτρομαγνήτη.

Στήν περίπτωση πεταλοειδοῦς ἠλεκτρομαγνήτη, ἐπειδὴ κάθε πόλος του ἀσκεῖ στὸν ὄπλισμό του ἑλκτική δύναμη, ἡ ὀλική δύναμη τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$F = 8 \times 10^5 \cdot B_a^2 \cdot S \quad \text{σέ N} \quad (2)$$

ὅπου τὰ μεγέθη  $B_a$  καὶ  $S$  καὶ οἱ μονάδες τους εἶναι τὰ ἴδια μὲ ἐκεῖνα πού ἀναφέρθηκαν παραπάνω.

Ἄν θέλομε ἡ δύναμη νὰ ἐκφράζεται σέ γραμμάρια βάρους ἢ πόντ ( $\rho$ ), ὅπως συμβαίνει συνήθως στοὺς διαφόρους τύπους ζυγῶν, καὶ ἀφοῦ εἶναι περίπου  $1 \text{ N} = 100 \rho$ , οἱ προηγούμενες σχέσεις γράφονται ὡς ἑξῆς:

$$F = 4 \times 10^7 \cdot B_a^2 \cdot S \quad \text{σέ } \rho \quad (3)$$

γιά εὐθύγραμμο ἠλεκτρομαγνήτη καί:

$$F = 8 \times 10^7 \cdot B_a^2 \cdot S \quad \text{σέ } \rho \quad (4)$$

γιά πεταλοειδῆ ἠλεκτρομαγνήτη, ὅπου τὰ μεγέθη  $B_a$  καὶ  $S$  καὶ οἱ μονάδες τους εἶναι τὰ ἴδια μὲ τὰ παραπάνω. Σημειώνεται ὅτι στήν περίπτωση τοῦ πεταλοειδοῦς ἠλεκτρομαγνήτη τὸ  $S$  εἶναι τὸ ἔμβαδόν τῆς διατομῆς τοῦ ἑνὸς ἀπὸ τὰ δύο διάκενα ἀπὸ τὰ ὁποῖα περνοῦν οἱ μαγνητικές γραμμές.

Ὅταν γνωρίζομε τὴν ἑλκτική δύναμη  $F$  τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη, ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγή  $B_a$  στὸ διάκενο μεταξὺ πόλου καὶ ὄπλισμοῦ δίνεται ἀπὸ τὶς ἀκόλουθες σχέσεις:

$$B_a = \frac{1}{2000} \cdot \sqrt{\frac{F}{10 \cdot S}} \quad \text{σέ T} \quad (5)$$

γιά εὐθύγραμμο ἠλεκτρομαγνήτη καί

$$B_a = \frac{1}{2000} \cdot \sqrt{\frac{F}{20 \cdot S}} \quad \text{σέ T} \quad (6)$$

γιά πεταλοειδῆ ἠλεκτρομαγνήτη,

ὅπου:  $F$  ἡ ἑλκτικὴ δύναμη, σέ  $\rho$  καί

$S$  τὸ ἔμβαδόν τῆς διατομῆς τοῦ ἑνὸς διακένου ἀπὸ τὸ ὁποῖο περνοῦν οἱ μαγνητικὲς γραμμές πρὸς τὸν ὄπλισμό, σέ  $\text{m}^2$ .

Τὸ διάρρευμα ἑνὸς πηνίου δίνεται ἀπὸ τὴν ἐπόμενη σχέση:

$$\Theta = N \cdot I \quad \text{σέ ἀμπερελίγματα (At)} \quad (7)$$

ὅπου:  $N$  ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ πηνίου καί

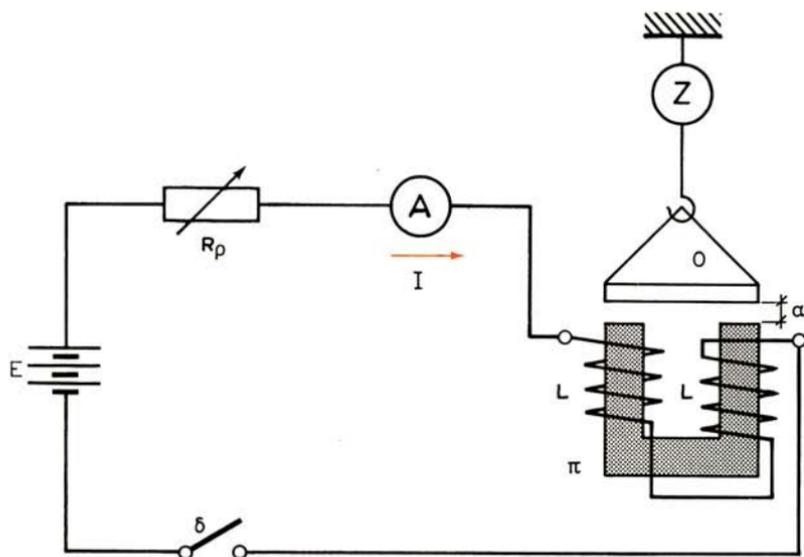
$I$  τὸ ρεῦμα πού περνᾷ ἀπὸ τὸ πηνίο, σέ  $A$ .

Ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγή στὰ διάκενα ἑνὸς ὀρισμένου ἠλεκτρομαγνήτη

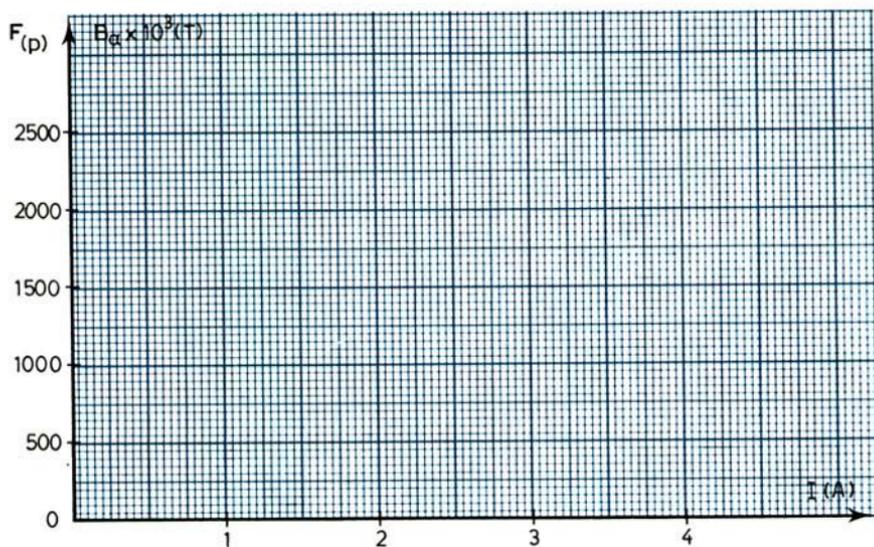
έξαρτάται από τό διάρρευμα τοῦ πηνίου του. Συνεπῶς ὅταν τό διάρρευμα τοῦ πηνίου ἑνός ἠλεκτρομαγνήτη παραμένει σταθερό, τότε ἡ ἑλκτική δύναμη πού ἀσκεῖ ὁ ἠλεκτρομαγνήτης στόν ὀπλισμό του, καθώς καί ἡ μαγνητική ἐπαγωγή στό διάκενο μεταξύ πόλου καί ὀπλισμοῦ, μένει ἀμετάβλητη.

Στό ἐργαστήριο θά μελετήσουμε πειραματικά τή μεταβολή τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως  $F$  ἠλεκτρομαγνήτη, καθώς καί τῆς ἀντίστοιχης μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς  $B_a$  μέ τό ρεῦμα διεγέρσεως  $I$  καί τόν ἀριθμό σπειρῶν  $N$  τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη. Ἐπίσης θά ἐπιβεβαιώσουμε πειραματικά ὅτι ἡ ἑλκτική δύναμη ἠλεκτρομαγνήτη (καί συνεπῶς καί ἡ μαγνητική ἐπαγωγή) δέ μεταβάλλεται ὅταν τό διάρρευμα τοῦ πηνίου του παραμένει σταθερό.

### 20.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 20.3α), ὄργανα καί ὑλικά. Διαγράμματα (σχ. 20.3β καί 20.3γ).

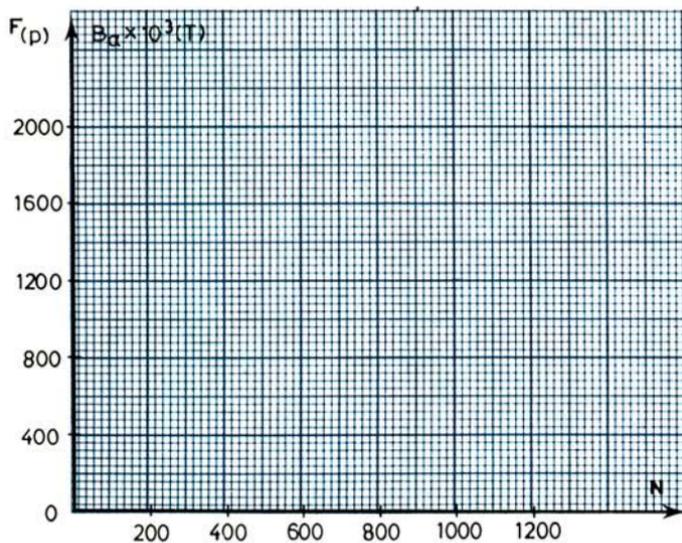


Σχ. 20.3α.



Σχ. 20.3β.

Μεταβολή της δύναμεις και της μαγνητικής επαγωγής με το I.



Σχ. 20.3γ.

Μεταβολή της δύναμεις και της μαγνητικής επαγωγής με το N.

- Πηγή  $E = 50 \text{ V D.C.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 6 \text{ A D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 50 \Omega$ ,  $4 \text{ A.}$
- Πυρήνας  $\pi$  (διατομής  $S$ ) του πεταλοειδούς ηλεκτρομαγνήτη.
- Δύο όμοια πηνία  $L_1$  για τον πεταλοειδή ηλεκτρομαγνήτη, τετραγωνικής διατομής και διατομής σύρματος κατάλληλης για ρεύμα μέχρι  $4 \text{ A}$  με  $N = 1200$  σπείρες τό καθένα.
- Δύο όμοια πηνία  $L_2$  με ίδια στοιχεία όπως παραπάνω, αλλά με  $N = 600$  σπείρες τό καθένα.
- Δύο όμοια πηνία  $L_3$  με ίδια στοιχεία όπως παραπάνω, αλλά με  $N = 200$  σπείρες τό καθένα.
- Όπλισμός  $O$  πλάτους ίσου με τό πλάτος του πυρήνα  $\pi$ .
- Ζυγός ακριβείας  $Z$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Παρατήρηση:

Η άσκηση μπορεί να εκτελεσθεί και με πηγή A.C. και άμπερόμετρο A.C.

### 20.4 Πορεία εργασίας.

α) Υπολογίστε τη διατομή  $S$  του πυρήνα  $\pi$  και σημειώστε την τιμή της στον Πίνακα 20.4.1, ο οποίος θα περιέχει τις τιμές ορισμένων σταθερών μεγεθών που θα μας χρειαστούν στη συνέχεια της άσκησης.

β) Ζυγίστε τον όπλισμό  $O$  με τό ζυγό  $Z$  και σημειώστε τό βάρος του  $G_0$  στον Πίνακα 20.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20.4.1.**

$S \text{ (m}^2\text{)}$	$G_0 \text{ (g)}$

γ) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 20.3α, αφού αναρτήσετε από τό ζυγό τον όπλισμό  $O$  και συνδέσετε σέ σειρά τά δύο πηνία  $L_1$ . Στο κύκλωμα πρέπει να παρεμβάλλεται αρχικά **δλη** ή αντίσταση  $R_p$  του ροοστάτη και ο διακόπτης  $\delta$  να είναι ανοικτός.

δ) Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

ε) Μεταβάλετε σιγά-σιγά την τιμή της  $R_p$ , ώστε η ένταση  $I$  διά του κυκλώματος να γίνει  $I = 1 \text{ A}$ . Μετρήστε την ένδειξη  $G_1$  του ζυγού και

σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 20.4.2.

Προσοχή:

"Αν η ένδειξη  $G_1$  είναι περίπου ίση με την  $G_0$  (δηλαδή με τό ίδιο βάρος του όπλισμού), σημαίνει ότι τά μαγνητικά πεδία των δύο πηνίων  $L_1$  αλληλοαναιρούνται. Τότε πρέπει νά ανοίξομε τό διακόπτη  $\delta$ , νά αναστρέψομε τή σύνδεση ενός από τά δύο πηνία, νά κλείσομε τό διακόπτη  $\delta$  καί νά σημειώσομε στον πίνακα 20.4.2 τή νέα τιμή του  $G_1$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20.4.2.** (N σταθ.)

I (A)	1	2	3	4
$G_1$ (p)				
F (p)				
$B_a$ (T)				

στ) Ύπολογίστε τήν έλκτική δύναμη του ήλεκτρομαγνήτη, ή οποία δίνεται από τή σχέση:

$$F = G_1 - G_0$$

καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 20.4.2.

ζ) Ύπολογίστε από τή σχέση (6) τής παραγράφου 20.2 τήν αντίστοιχη τιμή τής μαγνητικής έπαγωγής  $B_a$  καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 20.4.2.

η) Ήπαναλάβετε τίς έργασίες  $\epsilon$ ,  $\sigma$  καί  $\zeta$  γιά τιμές του ρεύματος  $I = 2$  A,  $I = 3$  A καί  $I = 4$  A καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 20.4.2.

θ) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα του σχήματος 20.3β τή μεταβολή τής έλκτικης δυνάμεως F του ήλεκτρομαγνήτη καί τής αντίστοιχης μαγνητικής έπαγωγής  $B_a$  μέ τήν ένταση I πού διαρρέει τόν ήλεκτρομαγνήτη (όταν  $N = \text{σταθ.}$ ).

ι) Σημειώστε στον Πίνακα 20.4.3 τίς τιμές των  $G_1$ , F,  $B_a$  του Πίνακα 20.4.2 γιά τιμή του ρεύματος  $I = 4$  A καί  $N = 1200$  σπείρες.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20.4.3.** (I σταθ.)

N	1200	600	200
$G_1$ (p)			
F (p)			
$B_a$ (T)			

ια) 'Ανοίξτε τό διακόπτη  $\delta$ , αντικαταστήστε τά δύο πηνία  $L_1$  μέ τά πηνία  $L_2$  καί κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

ιβ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$ , ὥστε τό ρεύμα νά γίνει  $I = 4 \text{ A}$  καί σημειώστε τήν ἀντίστοιχη τιμή τοῦ  $G_1$  στόν Πίνακα 20.4.3 λαμβάνοντας ὑπόψη καί τήν παρατήρηση τῆς περιπτώσεως  $\epsilon$ .

ιγ) Ὑπολογίστε τή δύναμη ἔλξεως  $F$  τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη καί τή μαγνητική ἐπαγωγή  $B_a$  σύμφωνα μέ τά ἀναφερόμενα στά  $\sigma_1$  καί  $\zeta$  καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 20.4.3.

ιδ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες ια, ιβ, καί ιγ γιά τά δύο πηνία  $L_3$  τῶν 200 σπειρῶν τό καθένα.

ιε) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 20.3γ τή μεταβολή τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως  $F$  τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη καί τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς  $B_a$  μέ τόν ἀριθμό σπειρῶν  $N$  κάθε πηνίου (ἔστω  $I = \text{σταθ}$ ).

ιστ) Σημειώστε (μέ βάση τίς τιμές τοῦ Πίνακα 20.4.2) στήν ἀντίστοιχη στήλη τοῦ Πίνακα 20.4.4 γιά τίς τιμές τοῦ ἀριθμοῦ σπειρῶν  $N = 1200$  τοῦ πηνίου  $L_1$  καί τοῦ ρεύματος  $I = 2 \text{ A}$ , τίς ἀντίστοιχες τιμές τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως  $F$  καί τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς  $B_a$  πού ἀντιστοιχοῦν στό πηνίο αὐτό.

ιζ) Ὑπολογίστε τήν τιμή τοῦ διαρρέυματος  $\Theta$  ἀπό τή σχέση (7) τῆς παραγράφου 20.2 καί σημειώστε τήν στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 20.4.4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20.4.4.**

N	1200	600
I (A)	2	4
F (p)		
$B_a$ (T)		
$\Theta$ (At)		

ιη) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες ιστ καί ιζ γιά τό πηνίο  $L_2$  (πού ἔχει  $N = 600$  σπείρες) καί γιά τιμή τοῦ ρεύματος  $I = 4 \text{ A}$ , χρησιμοποιώντας τίς τιμές τοῦ Πίνακα 20.4.3.

ιθ) Ἐπιβεβαιώστε ὅτι γιά σταθερό διάρρευμα  $\Theta$  οἱ τιμές τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως  $F$  καί τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς  $B_a$  εἶναι ἀμετάβλητες. Ἄν ἔχουν κάποια διαφορά, δικαιολογήστε τήν.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΠΡΩΤΗ

### ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

#### 21.1 Σκοπός.

- 'Η διαπίστωση τής αναπόσβεστης σε πηνίο ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) καί ρεύματος από επαγωγή μέ τήν επίδραση μόνιμου μαγνήτη.
- 'Η διαπίστωση τής αναπόσβεστης σε πηνίο ηλεκτρεγερτικής δύναμης καί ρεύματος από επαγωγή μέ τήν επίδραση ηλεκτρομαγνητική καί ή πειραματική επαλήθευση τής εξαρτήσεως τής ηλεκτρεγερτικής δύναμης καί του ρεύματος από επαγωγή από τήν ταχύτητα μεταβολής τής μαγνητικής ροής.

#### 21.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Σέ ένα πηνίο, τό όποιο βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή όταν μεταβάλλεται ή μαγνητική ροή πού περνά μέσα από τό πηνίο. 'Η δημιουργούμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη διαρκεί όσο διαρκεί καί ή μεταβολή τής μαγνητικής ροής.

Αν τό πηνίο αποτελεί τμήμα ενός κλειστού κυκλώματος, τότε τό κύκλωμα αυτό διαρρέεται από ρεύμα πού λέγεται ρεύμα από επαγωγική ή επαγωγικό ρεύμα.

'Η μέση τιμή τής ηλεκτρεγερτικής δύναμης πού αναπτύσσεται από επαγωγή σε ένα πηνίο δίνεται από τή σχέση:

$$E = \frac{(\Phi_2 - \Phi_1) \cdot N}{t} \quad \text{σε V} \quad (1)$$

όπου:  $\Phi_1$  ή αρχική τιμή τής μαγνητικής ροής πού περνά μέσα από κάθε σπείρα του πηνίου, σε Wb

$\Phi_2$  ή αντίστοιχη τελική τιμή τής μαγνητικής ροής, σε Wb,

$N$  ό αριθμός των σπειρών του πηνίου καί

$t$  ό χρόνος τής μεταβολής τής μαγνητικής ροής, σε s.

Στήν περίπτωση κλειστοῦ κυκλώματος, ἡ μέση τιμὴ τοῦ ρεύματος ἀπὸ ἐπαγωγή δίνεται (σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ Ὠμ) ἀπὸ τὴ σχέση:

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{σέ A} \quad (2)$$

ὅπου: E ἡ μέση τιμὴ τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἀπὸ ἐπαγωγή, σέ V καί

R ἡ ὀλική ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος, σέ Ω.

Στὴν ἄσκηση αὐτὴ θὰ διαπιστωθεῖ πειραματικά:

α) Ἡ ἀνάπτυξη σέ ἓνα πηνίο ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ ρεύματος ἀπὸ ἐπαγωγή ἀπὸ ἓνα μόνιμο μαγνήτη στὶς περιπτώσεις πού:

– Τὸ πηνίο εἶναι ἀκίνητο καὶ στὴν περιοχὴ του κινεῖται μόνιμος μαγνήτης ἢ

– τὸ πηνίο κινεῖται στὴν περιοχὴ ἑνὸς ἀκίνητου μόνιμου μαγνήτη.

β) Ἡ ἀνάπτυξη σέ ἓνα πηνίο ρεύματος ἀπὸ ἐπαγωγή ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρομαγνήτη στὶς περιπτώσεις πού:

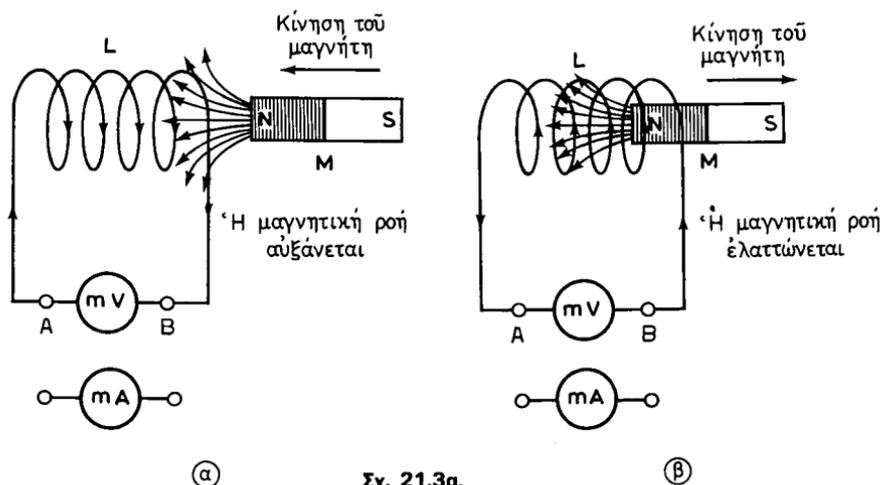
– Τὸ πηνίο εἶναι ἀκίνητο καὶ στὴν περιοχὴ του ὑπάρχει ἐπίσης ἀκίνητος ἠλεκτρομαγνήτης διαρρεόμενος ἀπὸ μεταβλητὸ ρεῦμα ἢ

– τὸ πηνίο εἶναι ἀκίνητο καὶ στὴν περιοχὴ του κινεῖται ἠλεκτρομαγνήτης διαρρεόμενος ἀπὸ σταθερὸ ρεῦμα ἢ

– τὸ πηνίο κινεῖται στὴν περιοχὴ ἑνὸς ἀκίνητου ἠλεκτρομαγνήτη διαρρεόμενου ἀπὸ σταθερὸ ρεῦμα.

### 21.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καὶ ὑλικά.

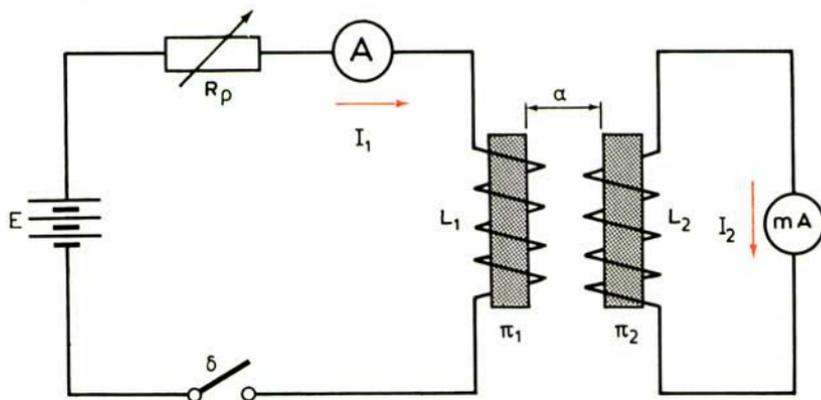
Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 21.3α(α), (β).



Σχ. 21.3α.

- Πηνίο αέρα L.
- Μόνιμος μαγνήτης M.
- Μιλλιβολτόμετρο 1 mV - 0 - 1 mV ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεως.
- Μιλλιαμπερόμετρο 1 mA - 0 - 1 mA ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεως.

**Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 21.3β.**



**Σχ. 21.3β.**

- Πηγή  $E = 15 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p, 0 \div 16\Omega, 4 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 6 \text{ A D.C.}$
- Ήλεκτρομαγνήτης (πηνίο  $L_1$  με  $N = 600$  σπειρές).
- Πηνίο  $L_2$  με  $N = 600$  σπειρές.
- Πυρήνες  $\pi_1, \pi_2$  για τα πηνία  $L_1, L_2$  αντίστοιχα.
- Μιλλιαμπερόμετρο  $5 \text{ mA} - 0 - 5 \text{ mA}$  ή άλλο κατάλληλης περιοχής μετρήσεως.
- Διακόπτης  $\delta$ .

## 21.4 Πορεία εργασίας.

### 21.4.1 Άνάπτυξη σε πηνίο ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως και ρεύματος από έπαγωγή από ένα μόνιμο μαγνήτη.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 21.3α με το μιλλιβολτόμετρο μεταξύ των σημείων A και B και το μαγνήτη M σε σημαντική απόσταση από το πηνίο L. Σημειώστε την αντίστοιχη ένδειξη του

μιλλιβολτομέτρου στον Πίνακα 21.4.1.

β) Πλησιάστε **άποτομα** τό μαγνήτη στό πηνίο βυθίζοντάς τον ανάμεσα στίς σπειρές του, μετρήστε τήν ένδειξη πού άντιστοιχεί στή μέγιστη άπόκλιση του δείκτη του μιλλιβολτομέτρου καί σημειώστε την στον Πίνακα 21.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21.4.1.**

*Τιμές τής E (mV).*

	Ό μαγνήτης μακριά	Άπότομο πλησίασμα	Ό μαγνήτης στό πηνίο	Άπότομη άπομάκρυνση	Ό μαγνήτης μακριά
Κίνηση μαγνήτη					
Κίνηση πηνίου					

γ) Κρατήστε τό μαγνήτη για λίγο σε όρισμένη θέση μέσα στό πηνίο L καί συμπληρώστε τον Πίνακα 21.4.1 με τήν αντίστοιχη τιμή τής ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως από έπαγωγή (E) πού δείχνει τώρα τό μιλλιβολτόμετρο.

δ) Άπομακρύνετε **άποτομα** τό μαγνήτη από τό πηνίο καί σημειώστε στον Πίνακα 21.4.1 τή μέγιστη τιμή τής ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως από έπαγωγή.

ε) Μέ τό μαγνήτη σε σημαντική άπόσταση από τό πηνίο σημειώστε τήν τιμή τής E στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 21.4.1.

στ) Έπαναλάβετε τίς έργασίες α ως καί ε κρατώντας άκίνητο τό μαγνήτη καί πλησιάζοντας ή άπομακρύνοντας άποτομα τό πηνίο προς αυτόν. Συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 21.4.1 καί συγκρίνετε τίς νέες τιμές με αυτές πού βρήκατε προηγουμένως (δηλαδή για κινητό μαγνήτη).

ζ) Μέ τό μαγνήτη μακριά από τό πηνίο, άποσυνδέστε τό μιλλιβολτόμετρο καί συνδέστε μεταξύ των A,B τό μιλλιαμπερόμετρο.

η) Έπαναλάβετε τίς έργασίες α ως καί στ συμπληρώνοντας κατάλληλα τον Πίνακα 21.4.2 με τίς τιμές του ρεύματος από έπαγωγή I πού δίνει τό μιλλιαμπερόμετρο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21.4.2.**

*Τιμές του I (mA).*

	Ό μαγνήτης μακριά	Άπότομο πλησίασμα	Ό μαγνήτης στό πηνίο	Άπότομη άπομάκρυνση	Ό μαγνήτης μακριά
Κίνηση μαγνήτη					
Κίνηση πηνίου					

### 21.4.2 Άνάπτυξη σε πηνίο ρεύματος από επαγωγή από έναν ηλεκτρομαγνήτη.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 21.3β παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$  και μέ ανοικτό τό διακόπη δ. Οι πυρήνες  $\pi_1$  και  $\pi_2$  πρέπει νά βρίσκονται μέσα στά πηνία  $L_1, L_2$  αντίστοιχα και τό κύκλωμα του πηνίου  $L_2$  και του μιλλιαμπερομέτρου πρέπει νά εἶναι πολύ κοντά στον ηλεκτρομαγνήτη  $L_1$  αλλά νά μήν ἔχει ηλεκτρική ἐπαφή μέ τό κύκλωμά του (ή ἀπόσταση  $a$  μεταξύ τῶν πυρήνων  $\pi_1$  και  $\pi_2$  πρέπει νά εἶναι τό πολύ 6 cm).

β) Κλείστε τό διακόπη δ και μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ὥστε ἡ ἐνδειξη του ἀμπερομέτρου νά γίνει ἴση μέ 1 A (δηλαδή τό ρεύμα  $I_1$  του κύριου κυκλώματος νά ἰσοῦται μέ 1 A).

γ) Ἄνοιξε τό διακόπη δ και μετά ἀπό λίγο μετρήστε τήν τιμή του ρεύματος  $I_1$  του κύριου κυκλώματος και τήν τιμή του ρεύματος ἀπό ἐπαγωγή  $I_2$  (ἀπό τίς ἐνδείξεις του ἀμπερομέτρου και του μιλλιαμπερομέτρου ἀντίστοιχα) και σημειώστε τις στον Πίνακα 21.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21.4.3.**

$\delta$ / $I_1$		0 ÷ 1 A	0 ÷ 2 A	0 ÷ 3 A	0 ÷ 4 A
Ἄνοικτός	$I_1$ (A)				
	$I_2$ (mA)				
	$I_2'$ (mA)				
Κλείσιμο	$I_2$ (mA)				
	$I_2'$ (mA)				
Κλειστός	$I_1$ (A)				
	$I_2$ (mA)				
	$I_2'$ (mA)				
Ἄνοιγμα	$I_2$ (mA)				
	$I_2'$ (mA)				
Ἄνοικτός	$I_1$ (A)				
	$I_2$ (mA)				
	$I_2'$ (mA)				

δ) Κλείστε τό διακόπη δ, μετρήστε τό  $I_2$  ἀπό τή στιγμιαία ἀπόκλιση του δείκτη του μιλλιαμπερομέτρου και σημειώστε το στον Πίνακα 21.4.3.

ε) Μετά ἀπό λίγο (μετά τό τέλος του μεταβατικού φαινομένου) σημειώστε τίς τιμές τῶν  $I_1, I_2$  στον Πίνακα 21.4.3.

στ) Άνοιξτε τό διακόπη δ, μετρήστε τό  $I_2$  από τή στιγμιαία απόκλιση του δείκτη του μιλλιαμπερομέτρου καί σημειώστε το στον Πίνακα 21.4.3.

ζ) Μετά από λίγο (μετά τό τέλος του μεταβατικού φαινομένου) σημειώστε τις τιμές των  $I_1$ ,  $I_2$  στον Πίνακα 21.4.3. Παρατηρήστε ότι, όπως προκύπτει από τις διάφορες τιμές του  $I_2$ , αναπτύσσεται ρεύμα από επαγωγή στο βοηθητικό κύκλωμα, χωρίς να μετακινείται ούτε ο ηλεκτρομαγνήτης  $L_1$  ούτε τό πηνίο  $L_2$ .

η) Έπαναλάβετε τις εργασίες β ως καί ζ για ρεύμα του κύριου κυκλώματος  $I_1 = 2 \text{ A}$ ,  $I_1 = 3 \text{ A}$  καί  $I_1 = 4 \text{ A}$  συμπληρώνοντας κατάλληλα τον Πίνακα 21.4.3.

θ) Κλείστε τό διακόπη δ καί μετά από λίγο μετακινήστε **γρήγορα** τό δρομέα της  $R_p$ , ώστε να παρεμβληθεί όλη ή αντίσταση στο κύκλωμα καί σημειώστε στον Πίνακα 21.4.4 την τιμή του  $I_2$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21.4.4.**

Άποτομη μεταβ. της $R_p$	$I_2$ (mA)	$I_2'$ (mA)
Αύξηση της $R_p$		
Μείωση της $R_p$		

ι) Μετακινήστε γρήγορα τό δρομέα της  $R_p$  προς την αντίθετη κατεύθυνση καί σημειώστε στον Πίνακα 21.4.4 την τιμή του  $I_2$ .

ια) Έπαναλάβετε τις εργασίες θ καί ι μεταβάλλοντας **άργα** την  $R_p$  καί συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 21.4.5 με τις τιμές του ρεύματος από επαγωγή  $I_2$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 21.4.5.**

Άργη μεταβ. της $R_p$	$I_2$ (mA)	$I_2'$ (mA)
Αύξηση της $R_p$		
Μείωση της $R_p$		

ιβ) Άνοιξτε τό διακόπη δ καί βγάλτε τον πυρήνα  $\pi_2$  από τό πηνίο  $L_2$ .

ιγ) Έπαναλάβετε τις εργασίες β ως καί ια συμπληρώνοντας κατάλληλα τους Πίνακες 21.4.3, 21.4.4 καί 21.4.5 με τις τιμές της έντάσεως  $I_2'$  του ρεύματος από επαγωγή στο δευτερεύον κύκλωμα (τό κύκλωμα του πηνίου  $L_2$  καί του μιλλιαμπερομέτρου).

ιδ) Άνοιξτε τό διακόπη δ καί τοποθετήστε τον πυρήνα  $\pi_2$  στο  $L_2$ .

ιε) Μέ κλειστό τό διακόπη  $\delta$  καί μέ τό ροοστάτη  $R_p$  σέ τυχαία άλλα σταθερή θέση (δηλαδή γιά  $I_1 = \text{σταθ.}$ ), μετακινήστε πρὸς διάφορες κατευθύνσεις, ἀπομακρύνετε καί πλησιάστε τόν ἠλεκτρομαγνήτη  $L_1$  πρὸς τό ἀκίνητο πηνίο  $L_2$ . Παρατηρήστε τή ροή ρεύματος ἀπὸ ἐπαγωγή  $I_2$  ἀπὸ τό μιλλιαμπερόμετρο.

ιστ) Ἐπαναλάβετε τήν ἐργασία ιε κρατώντας ἀκίνητο τόν ἠλεκτρομαγνήτη  $L_1$  καί μετακινώντας πρὸς διάφορες κατευθύνσεις τό πηνίο  $L_2$ .

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΑ

### ΔΙΝΟΡΡΕΥΜΑΤΑ

#### ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

##### 22.1 Σκοπός.

- 'Η πειραματική διαπίστωση τής αναπτύξεως δινορρευμάτων σε διάφορες περιπτώσεις.
- 'Η πειραματική διαπίστωση τής αναπτύξεως ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων σε άγωγούς πού διαρρέονται από ρεύμα καί βρίσκονται στο μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη.

##### 22.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

'Ανάπτυξη ρευμάτων από επαγωγή γίνεται όχι μόνο στους άγωγούς καί τά πηνία (όπου χρησιμοποιούνται σε ωφέλιμες εφαρμογές) αλλά καί σε οποιοδήποτε μεταλλικό σώμα (πυρήνα, επαγωγικό τύμπανο κλπ.) πού διαρρέεται από μεταβλητή μαγνητική ροή. Τά ρεύματα αυτά ονομάζονται δινορρεύματα ή ρεύματα Φουκώ (Foucault) καί προκαλούν ανάπτυξη θερμότητας στο μεταλλικό σώμα, δηλαδή άπώλεια ενός μέρους από τήν ενέργεια μέ τήν όποία τροφοδοτείται τό μηχάνημα στο όποιο άνήκει τό μεταλλικό σώμα.

Μείωση τών δινορρευμάτων καί τών άπωλειών τους επιτυγχάνεται μέ κατασκευή τών πυρήνων, τυμπάνων κλπ. όχι συμπαγών αλλά μέ λεπτά σιδερένια έλάσματα (μέ πάχος περίπου 0,5 mm), μονωμένα μεταξύ τους.

Σέ έναν ευθύγραμμο άγωγό, ό όποιος βρίσκεται σε όμοιόμορφο μαγνητικό πεδίο, κάθετα προς τή διεύθυνση του πεδίου, καί διαρρέεται από ρεύμα, άσκειται ηλεκτρομαγνητική δύναμη πού τείνει νά προκαλέσει τήν κίνησή του.

'Η διεύθυνση αύτής τής δυνάμεως είναι κάθετη προς τόν άγωγό καί προς τή διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου καί ή φορά της προκύπτει από τόν κανόνα του άριστερου χεριού:

«'Ανοίγομε τό άριστερό μας χέρι έτσι, ώστε ό αντίχειρας νά είναι κάθετος στα υπόλοιπα τέσσερα δάκτυλα καί τό τοποθετούμε μέ τρόπο

πού οι μαγνητικές γραμμές νά μπαίνουν κάθετα προς την παλάμη και τά τέσσερα δάκτυλα νά δείχνουν τή φορά τοῦ ρεύματος στὸν ἄγωγό. Τότε ὁ ἀντίχειρας δείχνει τή φορά τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως».

Τό μέγεθος τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως  $F$  πού ἀσκείται στὸν ἄγωγό δίνεται ἀπὸ τή σχέση:

$$F = B \cdot I \cdot l \quad \text{σέ N} \quad (1)$$

ὅπου:  $B$  ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγή τοῦ πεδίου στὴν περιοχὴ τοῦ ἄγωγού, σέ T

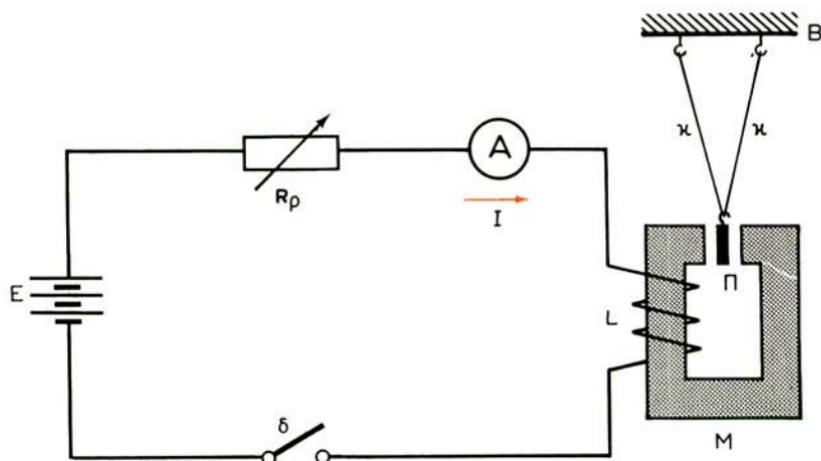
$I$  ἡ ἔνταση ρεύματος διὰ τοῦ ἄγωγού, σέ A καί

$l$  τό μήκος τοῦ ἄγωγού πού βρίσκεται μέσα στό μαγνητικὸ πεδίο, σέ m.

Στό ἐργαστήριο θά διαπιστώσουμε πειραματικὰ τὴν ἀνάπτυξη δινορρευμάτων σέ μία μικρὴ μεταλλικὴ πλάκα καί στοὺς πυρήνες δύο πηνίων, ἀπὸ τοὺς ὁποίους πυρήνες ὁ ἓνας εἶναι συμπαγῆς καὶ ὁ ἄλλος ἀποτελεῖται ἀπὸ λεπτὰ ἐλάσματα, μονωμένα μεταξύ τους. Ἐπίσης, θά διαπιστώσουμε πειραματικὰ τὴν ἀνάπτυξη ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως σέ ἓνα εὐθύγραμμο ἄγωγό πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα καί βρίσκεται στό μαγνητικὸ πεδίο μόνιμου μαγνήτη ἢ ἠλεκτρομαγνήτη. Τέλος θά διαπιστώσουμε τὴν ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τῆς δυνάμεως αὐτῆς μέ τὴν ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος ἢ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

### 22.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καὶ ὑλικά. Διάγραμμα σχήματος 22.3ε.

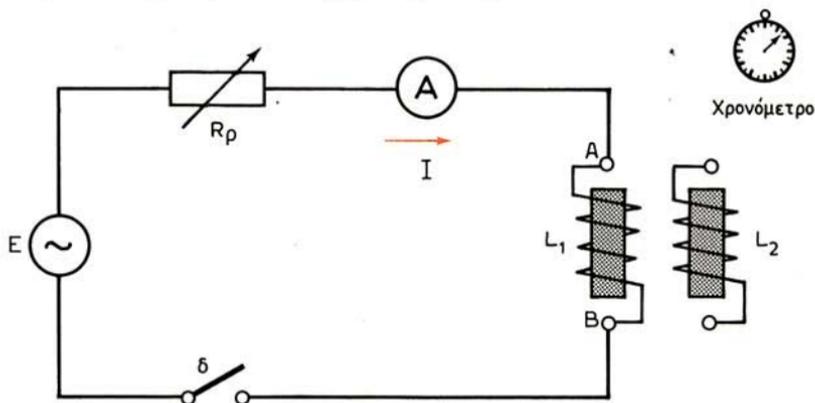
Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 22.3α.



Σχ. 22.3α.

- Πηγή  $E = 40 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 30 \Omega$ ,  $5 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 5 \text{ A D.C.}$
- Πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης  $M$  με πηνίο  $L$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .
- Πλάκα  $\Pi$  από αλουμίνιο.
- Κλωστές  $\kappa$  άναρτήσεως τῆς πλάκας.
- Βάση  $B$ .

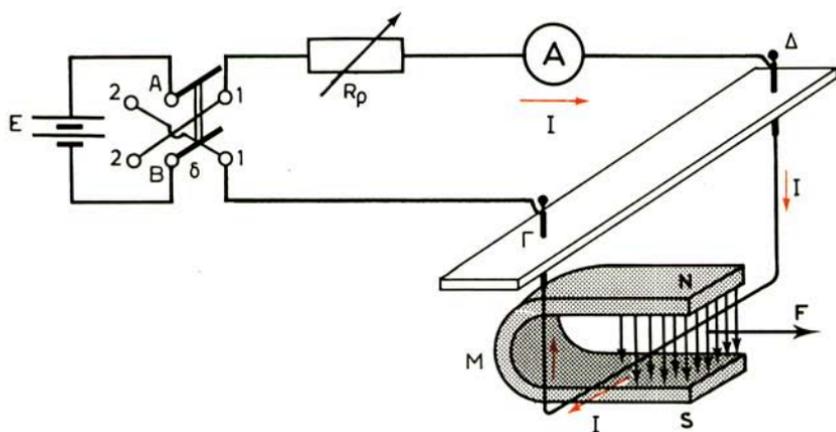
Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 22.3β.



Σχ. 22.3β.

- Πηγή  $E = 60 \text{ V A.C.}$
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 70 \Omega$ ,  $1,5 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A A.C.}$
- Δύο πηνία  $L_1$ ,  $L_2$  με ίδια διάμετρο σύρματος,  $N = 1.200$  σπείρες τό καθένα καί πυρήνα ἴδιου σχήματος καί διαστάσεων ἀλλά ὁ σιδερένιος πυρήνας τοῦ  $L_1$  νά εἶναι συμπαγῆς ἐνῶ τοῦ  $L_2$  νά ἀποτελεῖται ἀπό λεπτά ἐλάσματα μονωμένα μεταξύ τους.
- Θερμόμετρο  $\Theta$ .
- Χρονόμετρο.
- Διακόπτης  $\delta$ .

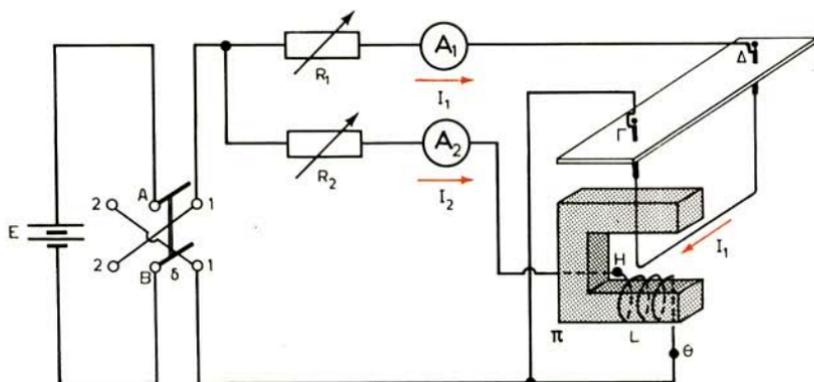
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 22.3γ.



Σχ. 22.3γ.

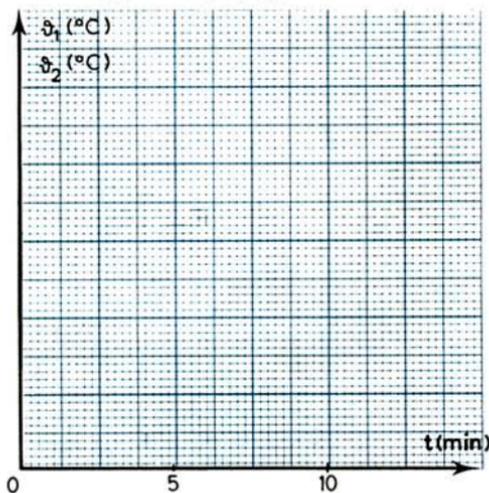
- Πηγή  $E = 40 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτης  $R_{\rho}$ ,  $0 \div 45 \Omega$ ,  $6 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρο  $0 \div 5 \text{ A D.C.}$
- Μόνιμος πεταλοειδής μαγνήτης  $M$  ισχυρού πεδίου.
- Άγωγός που νά έχει καμφθεί όπως στο σχήμα και νά είναι άναρτημένος κατάλληλα στά σημεία  $\Gamma$ ,  $\Delta$  τής βάσεώς του, ώστε νά μπορεί νά κινείται έλεύθερα.
- Βάση  $\Gamma\Delta$  άναρτήσεως του άγωγού.
- Διπολικός διακόπτης άναστροφής  $\delta$ .

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 22.3δ.



Σχ. 22.3δ.

- Πηγή  $E = 40 \text{ V D.C.}$
- Ροοστάτες:  $R_1, 0 \div 24 \ \Omega, 4 \text{ A},$   
 $R_2, 0 \div 45 \ \Omega, 3,5 \text{ A.}$
- Άμπερόμετρα:  $A_1 : 0 \div 5 \text{ A D.C.}$   
 $A_2 : 0 \div 5 \text{ A D.C.}$
- Πηνίο  $L$  1.200 σπειρών, μήκους  $15 \text{ cm}$  τό πολύ καί διαμέτρου σύρματος  $d = 1 \text{ mm}$  τουλάχιστον.
- Πεταλοειδής πυρήνας  $\pi$ .
- Άγωγός πού νά έχει καμφθεϊ ὅπως στό σχῆμα καί νά εἶναι ἀναρτημένος κατάλληλα στά σημεῖα  $\Gamma, \Delta$  τῆς βάσεώς του, ὥστε νά μπορεῖ νά κινεῖται ἐλεύθερα.
- Βάση  $\Gamma\Delta$  ἀναρτήσεως τοῦ ἀγωγοῦ.
- Διπολικός διακόπτης ἀναστροφῆς  $\delta$ .



Σχ. 22.3ε.

## 22.4 Πορεία ἐργασίας.

### 22.4.1 Ἀνάπτυξη δινορρευμάτων σέ μικρή μεταλλική πλάκα.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 22.3α παρεμβάλλοντας **ὀλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_\rho$  καί μέ ἀνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ . Ἡ πλάκα  $\Pi$  ἀπό ἀλουμίνιο ἀναρτᾶται μέ τίς κλωστές  $\kappa$  ἀπό τή βάση  $B$ , σέ τρόπο, ὥστε νά μπορεῖ νά ἐκτελέσει ταλάντωση μέ θέση ἡρεμίας μεταξύ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτη  $M$ .

β) Μέ ἀνοικτό τό διακόπτη  $\delta$  μετακινήστε τήν πλάκα  $\Pi$  ἀπό τή θέση

ισορροπίας της καί παρατηρήστε ότι εκτελεί έλευθερη ταλάντωση (σάν εκκρεμές), ή όποία σιγά - σιγά σβήνει καί ή πλάκα ίσορροπεϊ.

γ) Κλειστε τό διακόπη δ.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ώστε ή ένδειξη του άμπερομέτρου νά γίνει ίση μέ 1 A.

ε) Μετακινήστε τήν πλάκα Π από τή θέση ίσορροπίας της καί άφήστε την νά κινηθεϊ. Παρατηρήστε ότι ή κίνηση τής πλάκας ανάκόπτεται (φρενάρι), γιατί στήν πλάκα άναπτύσσονται δινορρεύματα λόγω αύξησης τής μαγνητικής ροής πού τή διαπερνά όταν μπαίνει στήν περιοχή μεταξύ των πόλων του μαγνήτη. Τά δινορρεύματα δημιουργοϋν πεδίο, τό όποιο άντιτίθεται στήν αύξηση τής ροής, δηλαδή έπιβραδϋνει τήν κίνηση τής πλάκας.

στ) Έπαναλάβετε τίς έργασίες δ καί ε για τιμές τής έντάσεως I του κυκλώματος ίσες μέ 2 A καί 3 A. Διαπιστώστε ότι όσο αύξάνεται ή ένταση I (άρα καί τό μαγνητικό πεδίο πού δημιουργείται) τόσο πίο άπότομα φρενάρι ή πλάκα Π.

#### 22.4.2 Άνάπτυξη δινορρευμάτων στους πυρήνες δύο πηνίων.

α) Συνδέσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 22.3β μέ τό πηνίο  $L_1$  μεταξύ των σημείων A, B, παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$  καί μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Άκουμπήστε τό θερμόμετρο Θ στον πυρήνα του πηνίου  $L_1$  καί στερεώστε το κατάλληλα, ώστε νά μένει σταθερό στή θέση αυτή καί νά βρίσκεται πάντοτε σέ έπαφή μέ τον πυρήνα. Για νά μή φεύγει ή θερμότητα τής περιοχής έπαφής του θερμομέτρου μέ τον πυρήνα καί για νά έχετε πίο άκριβή άποτελέσματα, βάλετε λίγο γράσσο στήν περιοχή αυτή.

γ) Κλειστε τό διακόπη δ.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ώστε τό ρεύμα πού περνά από τό κύκλωμα νά γίνει ίσο μέ 1 A καί σημειώστε τήν τιμή του στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 22.4.1.

ε) Θέσετε άμέσως σέ λειτουργία τό χρονόμετρο καί σημειώστε στήν αντίστοιχη θέση (για  $t = 0$ ) του Πίνακα 22.4.1 τήν άρχική θερμοκρασία  $\theta_1$  του συμπαγή πυρήνα του πηνίου  $L_1$ .

στ) Άφού περάσουν 5 λεπτά ( $t = 5 \text{ min}$ ), μετρήστε τήν τιμή τής θερμοκρασίας  $\theta_1$  καί σημειώστε την στον Πίνακα 22.4.1.

ζ) Έπαναλάβετε τήν έργασία στ για χρόνο  $t = 10 \text{ min}$  καί  $t = 15 \text{ min}$ .

η) Άνοιξτε τό διακόπη δ, άπομακρύνετε τό θερμόμετρο από τον πυρήνα καί τινάζτε το για νά κατεβεί ή ένδειξη του, άποσυνδέστε τό πηνίο

$L_1$  από τό κύκλωμα καί συνδέστε τό πηνίο  $L_2$  (μέ πυρήνα από έλάσματα).

θ) Έπαναλάβετε τίς έργασίες β ώς καί ζ καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 22.4.1 μέ τίς τιμές τής θερμοκρασίας  $\theta_2$  του πυρήνα του πηνίου  $L_2$ .

**ΠΙΝΑΚΑΣ 22.4.1.** Ι =

t(min)	0	5	10	15
$\theta_1(^{\circ}\text{C})$				
$\theta_2(^{\circ}\text{C})$				

ι) Παραστήστε γραφικά στό διάγραμμα του σχήματος 22.3ε τή μεταβολή μέ τό χρόνο t των θερμοκρασιών  $\theta_1$  καί  $\theta_2$  των δύο πυρήνων όταν διαρρέονται από ρεύμα  $I = 1$  A καί παρατηρήστε ότι πάντοτε ή θερμοκρασία  $\theta_1$  είναι μεγαλύτερη από τήν αντίστοιχη  $\theta_2$ .

### 22.4.3 'Ανάπτυξη ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως σέ άγωγό πού βρίσκεται στό μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 22.3γ παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$  καί μέ άνοικτό τό διακόπτη δ. 'Ο άγωγός πρέπει νά άναρτηθεί μεταξύ των πόλων του μαγνήτη καί κάθετα προς τή διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, δηλαδή παράλληλα προς τίς έπιφάνειες των πόλων του μαγνήτη.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ στίς έπαφές (1,1).

γ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ώστε ή ένδειξη του άμπερομέτρου (καί έπομένως ή ένταση I διά του άγωγού) νά γίνει ίση μέ 1 A. Παρατηρήστε ότι ο άγωγός μετατοπίζεται από τήν άρχική θέση ίσορροπίας του λόγω τής ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως F πού άσκείται σ' αυτόν, καί έπιβεβαιώστε μέ τόν κανόνα του άριστερου χεριου τήν κατεύθυνση τής δυνάμεως πού είναι ίδια μέ τήν κατεύθυνση τής μετατοπίσεως του άγωγού.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν  $R_p$ , ώστε τό ρεύμα I πού περνά από τόν άγωγό νά αύξάνεται από 1 A μέχρι καί 5 A καί παρατηρήστε τήν αύξηση τής άποκλίσεως του άγωγού από τή θέση ίσορροπίας του μέ τήν αύξηση του I.

ε) 'Ανοίξτε τό διακόπτη δ καί κλείστε τον στίς έπαφές (2,2), όποτε άντιστρέφεται ή φορά του ρεύματος I πού περνά από τόν άγωγό.

στ) Έπαναλάβετε τίς έργασίες γ καί δ καί σημειώστε μέ ένα X τή σωστή άπάντηση στην πρώτη (1) γραμμή του Πίνακα 22.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 22.4.2.****Μαγνητικό πεδίο από μόνιμο μαγνήτη.**

α/α	Έρώτηση	ΝΑΙ	ΟΧΙ
1	Όταν αλλάζει ή φορά του ρεύματος I, αλλάζει ή φορά της F;		
2	Όταν αλλάζει ή φορά του πεδίου, αλλάζει ή φορά της F;		
3	Όταν αλλάζει ή φορά του I και του πεδίου, αλλάζει ή φορά της F;		

ζ) Άνοιξτε τό διακόπη δ καί κλειστε τον στίς έπαφές (1,1).

η) Άντιστρέψτε τή θέση του μαγνήτη, ώστε ο βόρειος πόλος του N νά είναι από κάτω καί ο νότιος πόλος του S από πάνω, όποτε αλλάζει ή πολικότητα του μαγνητικού πεδίου. Για όποιαδήποτε τιμή του I, εξετάστε τή μετατόπιση του άγωγού καί σημειώστε μέ ένα X τή σωστή άπάντηση στή γραμμή 2 του Πίνακα 22.4.2.

θ) Πραγματοποιήστε τήν έργασία ε, εξετάστε τή μετατόπιση του άγωγού καί σημειώστε μέ ένα X τή σωστή άπάντηση στή γραμμή 3 του Πίνακα 22.4.2.

#### **22.4.4 Άνάπτυξη ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως σέ άγωγό πού βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο ήλεκτρομαγνήτη.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 22.3δ παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση των ροοστατών  $R_1$  καί  $R_2$  καί μέ άνοικτό τό διακόπη δ. Ό άγωγός πρέπει νά άναρτηθεί μεταξύ των πόλων του ήλεκτρομαγνήτη καί κάθετα πρός τή διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου του.

β) Κλειστε τό διακόπη δ στίς έπαφές (1,1).

γ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_2$ , ώστε ή ένταση διεγέρσεως του ήλεκτρομαγνήτη νά γίνει ίση μέ  $I_2 = 1$  A.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_1$ , ώστε ή ένταση πού διαρρέει τόν άγωγό νά γίνει ίση μέ  $I_1 = 2$  A. Παρατηρήστε ότι ο άγωγός μετατοπίζεται από τήν άρχική θέση ίσορροπίας του λόγω της ήλεκτρομαγνητικής δυνάμεως F πού άσκειται σ' αυτόν.

ε) Άνοιξτε τό διακόπη δ, άντιστρέψτε τή σύνδεση των άκρων Γ, Δ του άγωγού (άντιστρέφοντας έτσι τή φορά του ρεύματος  $I_1$ , πού περνά μέσα από τόν άγωγό) καί κλειστε τό διακόπη δ στίς έπαφές (1,1). Έξετάστε τή φορά της μετατοπίσεως του άγωγού καί σημειώστε μέ ένα X τή σωστή άπάντηση στή γραμμή 1 του Πίνακα 22.4.3.

στ) Άνοιξτε τό διακόπη δ καί άντιστρέψτε τή σύνδεση των άκρων

**ΠΙΝΑΚΑΣ 22.4.3.****Μαγνητικό πεδίο από ηλεκτρομαγνήτη.**

a/a	Έρώτηση	ΝΑΙ	ΟΧΙ
1	Όταν αλλάζει ή φορά του $I_1$ , αλλάζει ή φορά της $F$ ;		
2	Όταν αλλάζει ή φορά του $I_2$ , αλλάζει ή φορά της $F$ ;		
3	Όταν αλλάζει ή φορά των $I_1$ και $I_2$ , αλλάζει ή φορά της $F$ ;		

Γ, Δ του άγωγου (άποκαθιστώντας έτσι την αρχική φορά του  $I_1$ ).

ζ) Αντιστρέψτε τη σύνδεση των άκρων Η, Θ του πηνίου L του ηλεκτρομαγνήτη (ώστε να αλλάξει ή φορά του ρεύματος  $I_2$  διά του ηλεκτρομαγνήτη και ή πολικότητα του μαγνητικού πεδίου) και κλείστε τό διακόπτη δ στις έπαφές (1,1). Έξετάστε ή φορά της μετατοπίσεως του άγωγου και σημειώστε μέ ένα Χ ή σωστή άπάντηση στή γραμμή 2 του Πίνακα 22.4.3.

η) Άνοιξτε τό διακόπτη δ και αντιστρέψτε ή σύνδεση των άκρων Η, Θ του πηνίου L ώστε να άποκατασταθεή ή αρχική φορά του  $I_2$ .

θ) Κλείστε τό διακόπτη δ στις έπαφές (2,2), όποτε αντιστρέφεται ταυτόχρονα ή φορά και του  $I_1$  και του  $I_2$ . Έξετάστε ή φορά της μετατοπίσεως του άγωγου και σημειώστε μέ ένα Χ ή σωστή άπάντηση στή στήλη 3 του Πίνακα 22.4.3.

ι) Μεταβάλετε σιγά - σιγά ή αντίσταση του ροοστάτη  $R_2$ , ώστε τό ρεύμα διεγέρσεως  $I_2$  του ηλεκτρομαγνήτη να αύξάνεται μέχρι ήν τιμή  $I_2 = 3 \text{ A}$  και παρατηρήστε ότι για σταθερό ρεύμα  $I_1 = 2 \text{ A}$  και αύξανόμενο  $I_2$  ή μετατόπιση του άγωγου από ή θέση ίσορροπίας του (άρα και ή ηλεκτρομαγνητική δύναμη  $F$  που άσκειται σ' αυτόν) αύξάνεται.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΤΡΙΤΗ

### ΠΗΝΙΑ

#### ΩΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΣ ΡΟΟΣΤΑΤΗΣ

##### 23.1 Σκοπός.

- Ό πειραματικός προσδιορισμός της ωμικής, της επαγωγικής και της σύνθετης αντίστασης πηνίου με βολτόμετρο και άμπερόμετρο και ο ύπολογισμός της γωνίας της διαφορᾶς φάσεως  $\phi$  και τοῦ συντελεστή αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.
- Ἡ διαπίστωση τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως ἑνὸς κυκλώματος μὲ τὴ χρήση ἐπαγωγικοῦ ροοστάτη.

##### 23.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Ἐνα πηνίο ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μονωμένο σύρμα, τὸ ὁποῖο ἔχει περιελιχθεῖ κατάλληλα, ὥστε νά σχηματίζονται πολλές σπείρες. Ἡ ὠμικὴ ἀντίσταση  $R$  τοῦ πηνίου προσδιορίζεται ἂν τὸ πηνίο τροφοδοτηθεῖ μὲ συνεχές ρεῦμα καὶ μετρήσομε τὴν τάση πού ἐφαρμόζεται σ' αὐτό καὶ τὴν ἐνταση τοῦ ρεύματος πού τὸ διαρρέει. Τότε σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ Ὠμ ἰσχύει ἡ σχέση:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

ὅπου:  $U$  ἡ συνεχῆς τάση στά ἄκρα τοῦ πηνίου, σέ  $V$  καὶ  
 $I$  τὸ συνεχές ρεῦμα διὰ τοῦ πηνίου, σέ  $A$ .

Στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα τὸ πηνίο, ἐκτός ἀπὸ τὴν ὠμικὴ του ἀντίσταση  $R$ , παρουσιάζει καὶ μία ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση  $X_L$ . Ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση  $X_L$  δίνεται ἀπὸ τίς σχέσεις:

$$X_L = \frac{\omega \cdot L}{1000} \quad \text{σέ } \Omega \quad (2) \quad \text{ἢ} \quad X_L = \frac{2\pi f \cdot L}{1000} \quad \text{σέ } \Omega \quad (3)$$

όπου:  $L$  ο συντελεστής αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου, σέ μιλλιανρὺ (mH),  
 $\omega$  ἡ κυκλικὴ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, σέ 1/s,  
 $f$  ἡ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, σέ Hz καὶ  
 $\pi = 3,14$ .

Ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ πηνίου συνδέεται μέ τίς δύο ἀντιστάσεις του (ὠμική καί ἐπαγωγική) μέ τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (4)$$

στήν ὁποία καί οἱ τρεῖς ἀντιστάσεις  $R$ ,  $X_L$ ,  $Z$  ἔχουν μονάδα μετρήσεως τό  $\Omega$ . Ἄν μετασχηματίσουμε τήν παραπάνω σχέση, θά πάρομε τήν ἀκόλουθη σχέση γιά τόν ὑπολογισμό τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως  $X_L$ :

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} \quad (5)$$

Ἡ σύνθετη ἀντίσταση  $Z$  τοῦ πηνίου προσδιορίζεται ἂν τό πηνίο τροφοδοτηθεῖ μέ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα καί μετρήσουμε τήν ἐφαρμοζόμενη τάση  $U$  καί τήν ἔνταση  $I$  πού περνᾷ ἀπό τό πηνίο. Τότε ἡ σύνθετη ἀντίσταση  $Z$  τοῦ πηνίου ὑπολογίζεται ἀπό τήν ἀκόλουθη σχέση, πού ἀποτελεῖ τό νόμο τοῦ Ὠμ γιά τό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα:

$$Z = \frac{U}{I} \quad \text{σέ } \Omega \quad (6)$$

όπου:  $U$  ἡ ἐναλλασσόμενη τάση πού ἐφαρμόζεται στά ἄκρα τοῦ πηνίου, σέ  $V$  καί

$I$  ἡ ἔνταση τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος διά τοῦ πηνίου, σέ  $A$ .

Στήν περίπτωση πηνίου πού τροφοδοτεῖται μέ ἐναλλασσόμενη τάση, ἡ γωνία τῆς διαφορᾶς φάσεως  $\phi$  μεταξύ τῆς τάσεως αὐτῆς καί τῆς ἐντάσεως πού τό διαρρέει, βρίσκεται ἀπό πίνακες ἀφοῦ πρῶτα ὑπολόγισομε τό συνημίτονο τῆς γωνίας αὐτῆς ἀπό τή σχέση:

$$\sigmaυν\phi = \frac{R}{Z} \quad (7)$$

όπου:  $R$  ἡ ὠμική ἀντίσταση τοῦ πηνίου, σέ  $\Omega$  καί  
 $Z$  ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ πηνίου, σέ  $\Omega$ .

Ἄν μετασχηματίσουμε τίς παραπάνω σχέσεις (2) καί (3), θά πάρομε τίς ἀκόλουθες σχέσεις γιά τόν ὑπολογισμό τοῦ συντελεστῆ αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου:

$$L = \frac{1000 \cdot X_L}{\omega} \quad (8) \quad \text{ἢ} \quad L = \frac{1000 \cdot X_L}{2\pi f} \quad (9)$$

στις οποίες οι μονάδες των διαφόρων μεγεθών είναι ίδιες με εκείνες των σχέσεων (2) και (3).

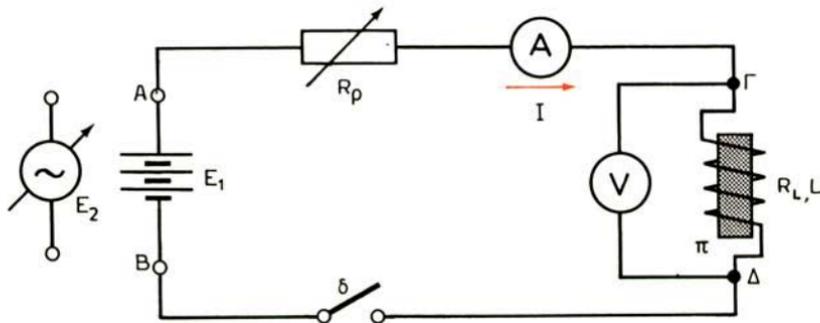
Ο συντελεστής αὐτεπαγωγῆς  $L$  ενός πηνίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ κατασκευαστικά στοιχεῖα τοῦ πηνίου, δηλαδή τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν του, τὴ διατομὴ του καὶ τὸ μῆκος του. Ὁ συντελεστής αὐτεπαγωγῆς σὲ πηνίο μὲ σιδερένιο πυρήνα εἶναι πολὺ μεγαλύτερος ἀπὸ αὐτὸν ποῦ ἔχει τὸ ἴδιο πηνίο χωρὶς πυρήνα.

Κατὰ τὴ βύθιση ἢ τὴν ἀπομάκρυνση ἑνὸς σιδερένιου πυρήνα σὲ ἓνα εὐθύγραμμο πηνίο ἢ κατὰ τὴν τοποθέτηση ἢ ἀπομάκρυνση τοῦ ὀπλισμοῦ σὲ ἓνα πηνίο μὲ πυρήνα σχήματος  $\Pi$ , μεταβάλλεται ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηνίου καὶ συνεπῶς μεταβάλλεται καὶ τὸ ρεῦμα ποῦ διαρρέει τὸ κύκλωμα στὸ ὁποῖο εἶναι συνδεδεμένο τὸ πηνίο. Τὸ σύστημα τοῦ πηνίου μὲ τὸν μεταθετὸ πυρήνα του ὀνομάζεται στὴν περίπτωση αὐτὴ **ἐπαγωγικὸς ροοστάτης**, γιατί μεταβάλλει τὴν ἔνταση ρεύματος τοῦ κυκλώματος, ὅπως καὶ ὁ κοινὸς ροοστάτης.

Στὸ ἐργαστήριο θὰ προσδιορίσουμε ἀρχικὰ τὴν ὠμικὴ, τὴ σύνθετη καὶ τὴν ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση ἑνὸς πηνίου χωρὶς πυρήνα, καθὼς ἐπίσης καὶ τὴ γωνία τῆς διαφορᾶς φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως καὶ τὸ συντελεστὴ αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου. Στὴ συνέχεια θὰ προσδιορισθοῦν τὰ ἴδια μεγέθη γιὰ ἓνα πηνίο μὲ πυρήνα. Τέλος θὰ ἐξετάσουμε τὴ λειτουργία ἑνὸς εἴδους ἐπαγωγικοῦ ροοστάτη.

### 23.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καὶ ὑλικά.

Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 23.3α.



Σχ. 23.3α.

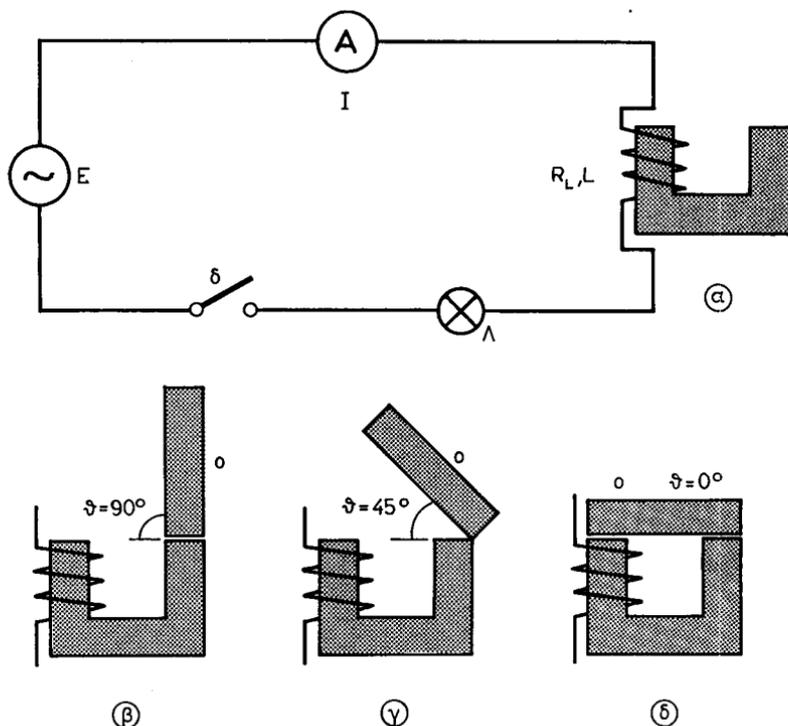
- Πηγή  $E_1 = 30 \text{ V D.C.}$
- Πηγή  $E_2 = 0 \div 100 \text{ V A.C., } f = 50 \text{ Hz.}$
- Ροοστάτης  $R_p, 0 \div 25 \Omega, 2 \text{ A.}$

- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5$  A D.C.
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 30$  V D.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 100$  V A.C.
- Πηνίο L με  $N = 1200$  σπείρες και διάμετρο σύρματος κατάλληλη για ρεύμα μέχρι 3 A, στο οποίο μπορούμε να βάζουμε ή να βγάζουμε ένα σιδερένιο πυρήνα π.
- Διακόπτης δ.

### Σημείωση:

Μπορεί, αντί για δύο άμπερόμετρα και δύο βολτόμετρα, να χρησιμοποιηθεί ένα άμπερόμετρο D.C. - A.C. και ένα βολτόμετρο D.C. - A.C. με κατάλληλη περιοχή μετρήσεως.

Για τη συνδεσμολογία του σχήματος 23.3β.



Σχ. 23.3β.

- Πηγή  $E = 150 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Πηνίο  $L$  με  $N = 1200$  σπείρες και διάμετρο σύρματος κατάλληλη για ρεύμα μέχρι  $3 \text{ A}$ .
- Πυρήνας σχήματος  $\Pi$ , στο ένα σκέλος του οποίου είναι τοποθετημένο τό πηνίο  $L$ .
- Όπλισμός (ο) για τόν πυρήνα.
- Άμπερόμετρο  $O \div 2,5 \text{ A A.C.}$
- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ ,  $200 \text{ W}$ ,  $220 \text{ V}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

### 23.4 Πορεία εργασίας.

#### 23.4.1 Ύπολογισμός τής ωμικής και τής επαγωγικής αντίστασεως, καθώς και του συντελεστή αύτεπαγωγής πηνίου.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 23.3α μέ τήν πηγή καί τά όργανα μετρήσεως D.C. καί παρεμβάλλοντας **δλη** τήν αντίσταση του ροοστάτη  $R_p$ . Ό πυρήνας π πρέπει νά είναι έξω από τό πηνίο καί ό διακόπτης  $\delta$  άνοικτός.

β) Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

γ) Μεταβάλετε σιγά-σιγά τήν  $R_p$ , ώστε τό ρεύμα  $I$  πού περνά από τό κύκλωμα νά γίνει ίσο μέ  $1 \text{ A}$ . Μετρήστε τήν αντίστοιχη τιμή τής τάσεως  $U$  στά άκρα του πηνίου καί σημειώστε τίς τιμές των  $U, I$  στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 23.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 23.4.1.**  
**Πηνίο χωρίς πυρήνα.**

D.C.	U (V)	I (A)	R ( $\Omega$ )	
A.C.	U (V)	I (A)	Z ( $\Omega$ )	$X_L$ ( $\Omega$ )
	συνφ	$\phi$ ( $^\circ$ )		L (mH)

δ) Ύπολογίστε τήν ωμική αντίσταση  $R$  του πηνίου από τή σχέση (1) τής παραγράφου 23.2 καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 23.4.1.

ε) Άνοιξτε τό διακόπτη  $\delta$ , αντικαταστήστε τήν πηγή καί τά όργανα μετρήσεως D.C. μέ έκείνα του A.C. καί βραχυκυκλώστε τό ροοστάτη  $R_p$ .

στ) Κλείστε τό διακόπη δ.

ζ) Ρυθμίστε τήν τάση  $E_2$  ώστε νά είναι ίση μέ 30 V A.C.

η) Μετρήστε από τίς ένδείξεις τών οργάνων τήν τάση  $U$  στά άκρα του πηνίου καί τήν ένταση  $I$  πού τό διαρρέει καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 23.4.1.

θ) Ύπολογίστε τή σύνθετη αντίσταση  $Z$  καί τήν έπαγωγική αντίσταση  $X_L$  του πηνίου από τίς σχέσεις (6) καί (5) αντίστοιχα πού αναφέρονται στήν παράγραφο 23.2 καί σημειώστε τίς τιμές τους στόν Πίνακα 23.4.1.

ι) Ύπολογίστε καί τό συνημίτονο τής γωνίας  $\phi$  από τή σχέση (7) τής παραγράφου 23.2 καί σημειώστε το στόν Πίνακα 23.4.1.

ια) Βρείτε από πίνακες τή γωνία  $\phi$  τής όποίας ύπολογίσατε τό συνημίτονο.

ιβ) Ύπολογίστε τό συντελεστή αύτεπαγωγής  $L$  του πηνίου από τή σχέση (9) τής παραγράφου 23.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 23.4.1 (ή τιμή τής συχνότητας είναι  $f = 50$  Hz).

ιγ) Ήπαναλάβετε τίς έργασίες ζ ως καί ιβ μέ τόν πυρήνα στό έσωτερικό του πηνίου καί μέ τάση  $E_2 = 100$  V A.C. συμπληρώνοντας κατάλληλα τόν Πίνακα 23.4.2 (ή ώμική αντίσταση  $R$  του πηνίου είναι ή ίδια είτε τό πηνίο έχει πυρήνα είτε όχι).

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 23.4.2.

Πηνίο μέ πυρήνα.

A.C.	U (V)	I (A)	Z ( $\Omega$ )	$X_L$ ( $\Omega$ )
	συνφ	$\phi$ ( $^\circ$ )		L (mH)

#### 23.4.2 Έπαγωγικός ροοστάτης.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 23.3β μέ τόν όπλισμό (α) μακριά από τόν πυρήνα καί άνοικτό τό διακόπη δ [σχ. 23.3β (α)].

β) Κλείστε τό διακόπη δ.

γ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο τήν ένταση  $I$  του κυκλώματος καί σημειώστε τήν τιμή τής στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 23.4.3.

δ) Τοποθετήστε τόν όπλισμό (α) κάθετα πρός τό ένα σκέλος του πυρήνα καί σέ έπαφή μέ αυτό, ώστε νά σχηματίζει γωνία  $\theta$  ίση μέ  $90^\circ$  [σχ. 23.3β (β)]. Μετρήστε τήν αντίστοιχη ένταση  $I$  του κυκλώματος καί σημειώστε τήν στόν Πίνακα 23.4.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 23.4.3.

Θέση όπλισμού	Μακριά από τόν πυρήνα	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 0^\circ$
I (A)				

ε) Έπαναλάβετε την εργασία δ για τις περιπτώσεις του σχήματος 23.3β (γ) (γωνία  $\theta = 45^\circ$ ) και 23.3β (δ) (γωνία  $\theta = 0^\circ$ , δηλαδή με τον όπλισμό σε έπαφή και με τα δύο σκέλη του πυρήνα) και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 23.4.3.

στ) Έπαναλάβετε τις εργασίες α ως και ε χωρίς τώρα να μετράτε τις τιμές του ρεύματος I αλλά να παρατηρήτε τις μεταβολές της λαμπρότητας της λυχνίας Λ. Παρατηρήστε ότι όταν ο όπλισμός είναι σε έπαφή με τα δύο σκέλη του πυρήνα (δηλαδή όταν  $\theta = 0^\circ$ ), η λυχνία φωτίζει πολύ ασθενικά ή και σβήνει τελείως.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ

### ΠΥΚΝΩΤΕΣ

### ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

### ΚΑΙ

### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΥΚΝΩΤΗ

#### 24.1 Σκοπός.

- Ἡ ἐπίδειξη διαφόρων πυκνωτῶν καί ἡ ἐξοικείωση μέ τά βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Ἡ ἐξέταση τοῦ φαινομένου τῆς φορτίσεως καί τῆς ἐκφορτίσεως ἑνός πυκνωτῆ.
- Ὁ πειραματικός προσδιορισμός τῆς χωρητικῆς ἀντιστάσεως πυκνωτῆ μέ βολτόμετρο καί ἀμπερόμετρο καί ὁ ὑπολογισμός τῆς χωρητικότητάς του.
- Ὁ πειραματικός προσδιορισμός τῆς ἰσοδύναμης χωρητικότητας στίς περιπτώσεις τῆς παράλληλης συνδέσεως πυκνωτῶν καί τῆς συνδέσεως πυκνωτῶν σέ σειρά.

#### 24.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Κάθε πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἀγώγιμα σώματα πού ὀνομάζονται ὀπλισμοί τοῦ πυκνωτῆ. Μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ὑπάρχει μονωτικό ὑλικό, τό διηλεκτρικό τοῦ πυκνωτῆ.

Ἐπάρχουν διάφορα εἶδη πυκνωτῶν, ἀνάλογα μέ τό σχῆμα καί τή μορφή τῶν ὀπλισμῶν τους καί τό εἶδος τοῦ διηλεκτρικοῦ τους. Τά σπουδαιότερα ἀπό αὐτά εἶναι:

- Ὁ ἐπίπεδος πυκνωτής.
- Ὁ πυκνωτής χαρτιοῦ.
- Ὁ πυκνωτής μέ ἐπίπεδα φύλλα.
- Ὁ ἠλεκτρολυτικός πυκνωτής.

Ὁς διηλεκτρικό ἑνός πυκνωτῆ μπορεί νά χρησιμοποιηθεῖ ὁ ἀέρας ἢ κάποιο στερεό μονωτικό (π.χ. χαρτί, μίκα, ἐβονίτης, βακελίτης) ἢ κάποιο μονωτικό ὑγρό (π.χ. λάδι).

Τά χαρακτηριστικά στοιχεία ενός πυκνωτή είναι:

- Τό είδος του πυκνωτή.
- 'Η χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή, δηλαδή τό πηλίκον του φορτίου πού συγκεντρώνεται σέ κάθε όπλισμό του κατά τή λειτουργία του πρὸς τήν αντίστοιχη τάση μεταξύ τῶν όπλισμῶν του.
- 'Η όνομαστική τάση λειτουργίας του  $U$ .
- 'Η συχνότητα  $f$  του ρεύματος.
- 'Η όνομαστική άεργη ισχύς  $Q$  πού άπορροφά ὁ πυκνωτής, όταν εργάζεται στήν όνομαστική του τάση καί συχνότητα.

Όταν οί όπλισμοί ενός πυκνωτή συνδεθοῦν μέ τούς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, τότε στούς όπλισμοῦς του συγκεντρώνονται ἴσα καί αντίθετα ήλεκτρικά φορτία. Τό φαινόμενο αὐτό όνομάζεται φόρτιση του πυκνωτή. Μετά τή φόρτισή του ὁ πυκνωτής δέν έπιτρέπει τή διέλευση ρεύματος άπό τό κύκλωμα. Άποτελεῖ δηλαδή διακοπή γιά τό συνεχές ρεύμα.

Άν οί όπλισμοί ενός φορτισμένου πυκνωτή άποσυνδεθοῦν άπό τήν πηγή καί συνδεθοῦν άγώγιμα μεταξύ τους, θά κυκλοφορήσει στό κύκλωμα γιά ἕνα μικρό διάστημα ρεύμα μέ φορά αντίθετη άπό τή φορά πού εἶχε τό ρεύμα κατά τή φόρτιση του πυκνωτή. Τό φαινόμενο αὐτό όνομάζεται έκφόρτιση του πυκνωτή.

Στά κυκλώματα έναλλασσόμενου ρεύματος ὁ πυκνωτής δέν άποτελεῖ διακοπή, αλλά παρουσιάζει μία αντίσταση  $X_c$  πού όνομάζεται χωρητική αντίσταση του πυκνωτή. 'Η αντίσταση αὐτή δίνεται άπό τή σχέση:

$$X_c = \frac{U}{I} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

όπου:  $U$  ἡ έναλλασσόμενη τάση στά άκρα του πυκνωτή, σέ  $V$  καί  $I$  ἡ ένταση ρεύματος πού περνά άπό τόν πυκνωτή, σέ  $A$ .

'Η χωρητική αντίσταση  $X_c$  συνδέεται μέ τή χωρητικότητα  $C$  μέ τίς σχέσεις:

$$X_c = \frac{10^6}{\omega \cdot C} \quad \text{σέ } \Omega \quad (2) \quad \eta \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi f \cdot C} \quad \text{σέ } \Omega \quad (3)$$

όπου:  $C$  ἡ χωρητικότητα του πυκνωτή, σέ μικροφαράντ ( $\mu F$ ),  
 $\omega$  ἡ κυκλική συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος, σέ  $1/s$ ,  
 $f$  ἡ συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος, σέ  $Hz$  καί  
 $\pi = 3,14$ .

Μετασχηματίζοντας τίς παραπάνω σχέσεις, παίρνομε τίς άκόλουθες σχέσεις γιά τόν ύπολογισμό τῆς χωρητικότητας του πυκνωτή:

$$C = \frac{10^6}{\omega \cdot X_c} \quad (4) \quad \text{ή} \quad C = \frac{10^6}{2\pi f \cdot X_c} \quad (5)$$

στis οποίes οι μονάδες τών διαφόρων μεγεθών είναι ίδιες μέ τις προηγούμενες.

Ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα  $C$  πυκνωτῶν πού συνδέονται παράλληλα, ἰσοῦται μέ τό ἄθροισμα τῶν χωρητικότητων τῶν πυκνωτῶν. Στήν περίπτωση δύο παραλλήλων πυκνωτῶν ἔχομε:

$$C = C_1 + C_2 \quad (6)$$

Ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα  $C$  τῶν δύο παράλληλα συνδεμένων πυκνωτῶν μπορεῖ νά ὑπολογισθεῖ πειραματικά καί ἀπό τήν ἀκόλουθη σχέση (πού προκύπτει μέ ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ στό συγκρότημα τῶν δύο πυκνωτῶν):

$$C = \frac{I \cdot 10^6}{2\pi f \cdot U} \quad \text{σέ } \mu\text{F} \quad (7)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ὀλική τάση τοῦ συγκροτήματος τῶν πυκνωτῶν, σέ  $V$ ,

$I$  ἡ ὀλική ἔνταση ρεύματος τοῦ κυκλώματος, σέ  $A$  καί

$f$  ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος, σέ  $Hz$ .

Ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα  $C$  δύο πυκνωτῶν  $C_1, C_2$  πού συνδέονται σέ σειρά, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \quad (8)$$

Ἄν ἐφαρμόσομε τό νόμο τοῦ Ὠμ σέ ὄλο τό κύκλωμα, ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα  $C$  τῶν δύο σέ σειρά πυκνωτῶν μπορεῖ νά ὑπολογισθεῖ πειραματικά καί ἀπό τή σχέση:

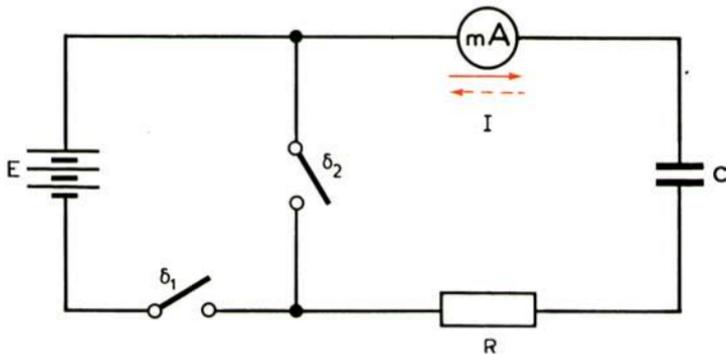
$$C = \frac{I \cdot 10^6}{2\pi f \cdot U} \quad (9)$$

στήν ὁποία τά διάφορα μεγέθη καί οι μονάδες τους είναι ίδιες μέ αυτές τῆς παραπάνω σχέσεως (7).

Στήν ἀσκηση αὐτή θά γίνει ἀρχικά ἐπίδειξη διαφόρων εἰδῶν πυκνωτῶν καί θά ἐξετασθεῖ τό φαινόμενο τῆς φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως τους. Στή συνέχεια θά προσδιορισθεῖ ἡ χωρητική ἀντίσταση καί ἡ χωρητικότητα πυκνωτῶν καί τέλος θά προσδιορισθεῖ πειραματικά ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα στίς περιπτώσεις παράλληλης συνδέσεως δύο πυκνωτῶν καί συνδέσεως τῶν πυκνωτῶν αὐτῶν σέ σειρά.

### 24.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά.

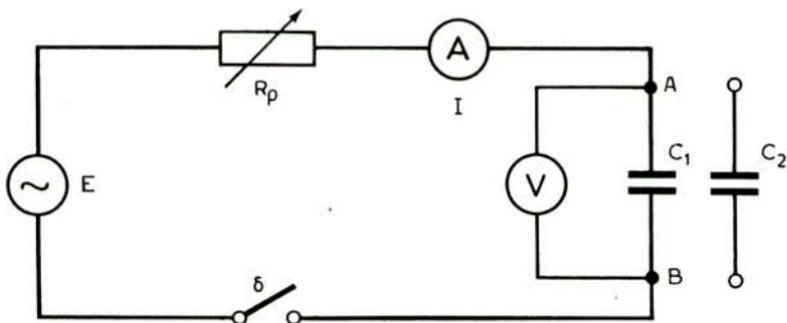
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.3α.



Σχ. 24.3α.

- Πηγή  $E = 12 \text{ V D.C.}$
- Πυκνωτής  $C$  με μεγάλη χωρητικότητα και όνομαστική τάση τουλάχιστον  $12 \text{ V.}$
- Μιλλιαμπερόμετρο  $1 \text{ mA} - 0 - 1 \text{ mA}$  ή άλλο με κατάλληλη περιοχή μετρήσεως αλλά με τό μηδέν στο μέσο της κλίμακάς του.
- Αντίσταση  $R = 150 \Omega, 1 \text{ A.}$
- Διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2.$

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.3β.



Σχ. 24.3β.

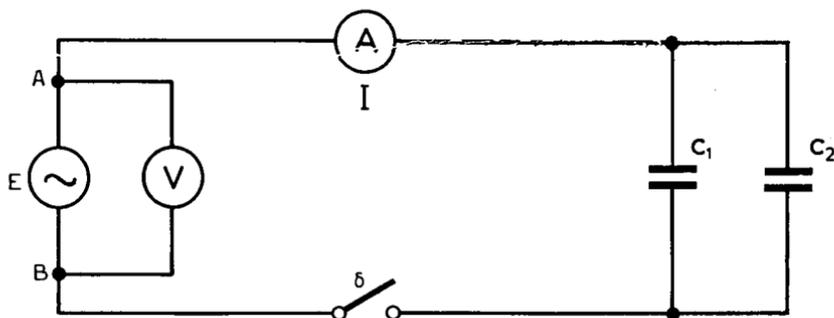
- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C., } f = 50 \text{ Hz.}$
- Ροοστάτης  $R_p, 5 \text{ A}$  και με κατάλληλη περιοχή αντιστάσεων ανάλογα με τούς πυκνωτές που θά χρησιμοποιηθοῦν.

- Άμπερόμετρο  $0 \div 5$  A A.C. ή  $0 \div 2,5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Πυκνωτές  $C_1, C_2$  μέ χωρητικότητες κατά προτίμηση μικρότερες ή ίσες τών  $72 \mu\text{F}$  καί όνομαστική τάση τουλάχιστον  $220$  V.
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Σημείωση:

“Αν  $C_1 \leq 72 \mu\text{F}$  καί  $C_2 \leq 72 \mu\text{F}$ , ό ροοστάτης  $R_p$  θά μένει βραχυκυκλωμένος κατά τήν έκτέλεση τής άσκήσεως. Διαφορετικά πρέπει ό δρομέας του νά βρίσκεται σε κατάλληλη θέση, ώστε τό ρεύμα του κυκλώματος νά μήν ξεπερνά τά  $5$  A.

### Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.3γ.

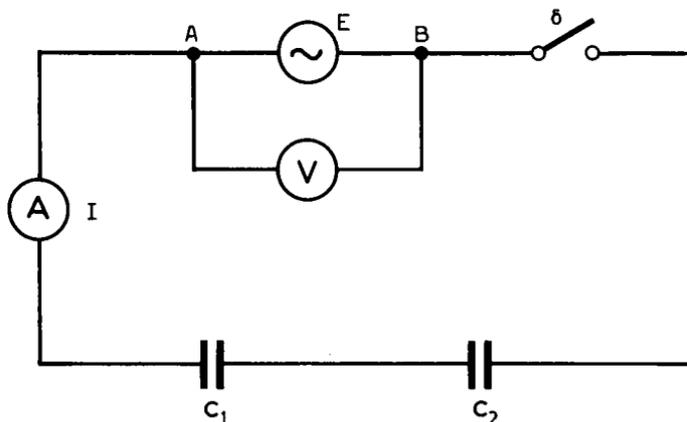


Σχ. 24.3γ.

- Πηγή  $E = 220$  V A.C.,  $f = 50$  Hz.
- Πυκνωτές  $C_1, C_2$  (οί ίδιοι τής συνδεσμολογίας του σχήματος 24.3β).
- Άμπερόμετρο  $0 \div 10$  A A.C. ή  $0 \div 5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Διακόπτης  $\delta$ .

### Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 24.3δ.

- Πηγή  $E = 220$  V A.C.,  $f = 50$  Hz.
- Πυκνωτές  $C_1, C_2$  (οί ίδιοι τής συνδεσμολογίας του σχήματος 24.3β).
- Άμπερόμετρο  $0 \div 1$  A A.C. ή  $0 \div 2,5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 24.36.

## 24.4 Πορεία εργασίας.

### 24.4.1 Είδη πυκνωτών.

α) Ξεετάστε έναν πυκνωτή του εργαστηρίου και σημειώστε στη σειρά με αύξοντα αριθμό 1 (α/α 1) του Πίνακα 24.4.1 τὰ στοιχεία του (είδος πυκνωτή, χωρητικότητα  $C$ , ονομαστική τάση  $U$ , συχνότητα  $f$ , ονομαστική άεργη ισχύς  $Q$ ), τὰ ὁποῖα εἴτε εἶναι γραμμένα σ' αὐτόν εἴτε μπορεῖτε νά τὰ συμπεράνετε εἴτε νά τὰ πληροφορηθεῖτε ἀπὸ τὸν καθηγητή σας.

β) Ἐπαναλάβετε τὴν παραπάνω ἐργασία γιὰ δύο ἄλλους πυκνωτές καὶ συμπληρώστε τὶς σειρές τοῦ Πίνακα 24.4.1 μετὰ ἀύξοντες ἀριθμούς 2 καὶ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.4.1.

α/α πυκνωτή	Εἶδος πυκνωτή	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	$U$ (V)	$f$ (Hz)	$Q$ (var)
1					
2					
3					

### 24.4.2 Φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση πυκνωτή.

α) Συνδεσμολογήστε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 24.3α μετὰ ἀνοι-

κτούς τούς διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2$  και παρατηρήστε ότι ο δείκτης του ὄργάνου εἶναι στό μηδέν, δηλαδή στό μέσο τῆς κλίμακάς του.

β) Μέ ανοικτό πάντοτε τό διακόπτη  $\delta_2$  κλειῖστε τό διακόπτη  $\delta_1$ . Παρατηρήστε ότι ἡ βελόνα τοῦ μιλλιαμπερομέτρου ἀποκλίνει ἀπότομα πρός τή μία κατεύθυνση καί ὅτι ξαναγυρίζει πολύ γρήγορα στό μηδέν τῆς κλίμακάς του. Τώρα στούς ὀπλισμούς τοῦ πυκνωτῆ C ἔχουν ἀναπτυχθεῖ ἴσα καί ἀντίθετα ἠλεκτρικά φορτία, δηλαδή ὁ πυκνωτής ἔχει φορτισθεῖ.

γ) Ἐνοῖξετε τό διακόπτη  $\delta_1$  καί ξανακλειῖστε τον. Παρατηρήστε ότι ὁ δείκτης τοῦ ὄργάνου παραμένει στό μηδέν. Αὐτό σημαίνει ότι τά ἠλεκτρικά φορτία παραμένουν στούς ὀπλισμούς τοῦ πυκνωτῆ.

δ) Ἐνοῖξετε τό διακόπτη  $\delta_1$ . Κλειῖστε τό διακόπτη  $\delta_2$ . Παρατηρήστε ότι ἡ βελόνα τοῦ μιλλιαμπερομέτρου ἀποκλίνει πρός τήν ἀντίθετη κατεύθυνση ἀπ' ὅτι προηγουμένως καί ὅτι ξαναγυρίζει πολύ γρήγορα στό μηδέν. Ὁ πυκνωτής τώρα ἔχει ἐκφορτισθεῖ μέσα ἀπό τό κύκλωμα τῆς ἀντιστάσεως R καί τοῦ διακόπτη  $\delta_2$ .

#### 24.4.3 Προσδιορισμός τῆς χωρητικῆς ἀντιστάσεως καί τῆς χωρητικότητος πυκνωτῆ.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 24.3β μέ τόν πυκνωτή  $C_1$  μεταξύ τῶν σημείων A, B, μέ **ἄλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$  στό κύκλωμα καί μέ ἀνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ .

β) Κλειῖστε τό διακόπτη  $\delta$ .

γ) Μειῶστε σιγά-σιγά τήν τιμή τῆς  $R_p$ , ὥστε ἡ ἔνταση I τοῦ κυκλώματος νά μή ξεπερνᾷ τά 5 A (ἂν ἡ χωρητικότητα τοῦ  $C_1$  εἶναι μικρότερη τῶν 72  $\mu\text{F}$  ὁ ροοστάτης μέ τή διαδοχική μείωση τῆς τιμῆς του θά βραχυκυκλωθεῖ, δηλαδή θά πάρει τήν τιμή  $R_p = 0$ , καί ἡ ἔνταση I θά παραμένει μικρότερη ἀπό 5 A).

δ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο τήν τάση U στά ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ καί μέ τό ἀμπερόμετρο τήν ἀντίστοιχη ἔνταση I τοῦ κυκλώματος καί σημειῶστε τίς τιμές τους στίς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 24.4.2.

ε) Ὑπολογίστε ἀπό τή σχέση (1) τῆς παραγράφου 24.2 τή χωρητικὴ ἀντίσταση  $X_c$  τοῦ πυκνωτῆ καί σημειῶστε τήν στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 24.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 24.4.2.**

α/α πυκνωτῆ	U (V)	I (A)	$X_c$ ( $\Omega$ )	f (Hz)	C ( $\mu\text{F}$ )
1					
2					

στ) Σημειώστε στον ίδιο πίνακα την τιμή της συχνότητας  $f$  του έναλλασσόμενου ρεύματος.

ζ) Υπολογίστε τη χωρητικότητα  $C_1$  του πυκνωτή από τη σχέση (5) της παραγράφου 24.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 24.4.2.

η) Παρεμβάλετε στο κύκλωμα όλη την αντίσταση  $R_p$ , ανοίξτε το διακόπη  $\delta$  και έκφορτίστε για λόγους ασφαλείας τον πυκνωτή  $C_1$  συνδέοντας έναν άγωγό μεταξύ των άκροδεκτών του.

θ) Συνδέστε μεταξύ των σημείων A,B τον πυκνωτή  $C_2$  αντί του  $C_1$ .

ι) Έπαναλάβετε τις εργασίες β ως και η για τον υπολογισμό της χωρητικής αντίστασης και της χωρητικότητας του πυκνωτή  $C_2$  και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 24.4.2.

#### 24.4.4 Παράλληλη σύνδεση πυκνωτών.

α) Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του σχήματος 24.3γ με άνοικτό το διακόπη  $\delta$ . Ός πυκνωτές  $C_1, C_2$  νά χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχοι πυκνωτές της συνδεσμολογίας του σχήματος 24.3β.

β) Κλείστε το διακόπη  $\delta$ .

γ) Μετρήστε με τό βολτόμετρο  $V$  την τάση  $U$  στους πόλους της πηγής και σημειώστε την τιμή της στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 24.4.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.4.3.

U (V)	I (A)	f (Hz)	
$C_1$ ( $\mu\text{F}$ )	$C_2$ ( $\mu\text{F}$ )	$C_1 + C_2$ ( $\mu\text{F}$ )	C ( $\mu\text{F}$ )

δ) Μετρήστε με τό άμπερόμετρο  $A$  την ολική ένταση  $I$  του κυκλώματος και σημειώστε την τιμή της στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 24.4.3.

ε) Σημειώστε στον Πίνακα 24.4.3 και την τιμή της συχνότητας  $f$ .

στ) Σημειώστε στον ίδιο πίνακα τις χωρητικότητες  $C_1, C_2$  των δύο πυκνωτών που έχετε προσδιορίσει στο προηγούμενο πείραμα και τις έχετε γράψει στον Πίνακα 24.4.2.

ζ) Υπολογίστε την ισοδύναμη χωρητικότητα των δύο παραλλήλων πυκνωτών με τη σχέση (6) της παραγράφου 24.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 24.4.3.

η) Υπολογίστε την παραπάνω ισοδύναμη χωρητικότητα  $C$  από τη σχέση (7) της παραγράφου 24.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πί-

νακα 24.4.3. Συγκρίνετε τήν τιμή αυτή μέ τήν τιμή τῆς ἐργασίας ζ ἐπαληθεύοντας ἔτσι πειραματικά τόν τύπο τῆς παράλληλης συνδέσεως πυκνωτῶν.

#### 24.4.5 Σύνδεση πυκνωτῶν σέ σειρά.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 24.3δ μέ ἀνοικτό τό διακόπη δ. Ὡς πυκνωτές  $C_1$ ,  $C_2$  νά χρησιμοποιηθοῦν οἱ ἀντίστοιχοι πυκνωτές τῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 24.3β.

β) Κλεῖστε τό διακόπη δ.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο  $V$  τήν τάση  $U$  στούς πόλους τῆς πηγῆς καί σημειώστε τήν τιμή της στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 24.4.4.

δ) Μετρήστε μέ τό ἀμπερόμετρο  $A$  τήν ἔνταση  $I$  τοῦ κυκλώματος (ἢ ὁποία περνᾷ καί ἀπό τούς πυκνωτές  $C_1$  καί  $C_2$ ) καί σημειώστε την στόν Πίνακα 24.4.4.

ε) Στόν ἴδιο πίνακα σημειώστε καί τήν τιμή τῆς συχνότητας  $f$ .

στ) Στίς κατάλληλες θέσεις τοῦ Πίνακα 24.4.4 σημειώστε τίς τιμές τῶν χωρητικότητων  $C_1$ ,  $C_2$  πού ἔχουν προσδιορισθεῖ σέ προηγούμενο πείραμα καί ἔχουν γραφεῖ στόν Πίνακα 24.4.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24.4.4.

U (V)	I (A)	f (Hz)	
$C_1$ ( $\mu\text{F}$ )	$C_2$ ( $\mu\text{F}$ )	$1/(1/c_1 + 1/c_2)$	$C$ ( $\mu\text{F}$ )

ζ) Ὑπολογίστε τήν ἰσοδύναμη χωρητικότητα τῶν δύο πυκνωτῶν  $C_1$ ,  $C_2$  πού συνδέονται σέ σειρά ἀπό τή σχέση (8) τῆς παραγράφου 24.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 24.4.4.

η) Ὑπολογίστε τήν παραπάνω ἰσοδύναμη χωρητικότητα  $C$  ἀπό τή σχέση (9) τῆς παραγράφου 24.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 24.4.4. Συγκρίνετε τήν τιμή αυτή μέ τήν παραπάνω τιμή, ἐπαληθεύοντας ἔτσι πειραματικά τόν τύπο τῆς συνδέσεως πυκνωτῶν σέ σειρά.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΠΕΜΠΤΗ

### ΓΕΦΥΡΕΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ

#### 25.1 Σκοπός.

- Ό πειραματικός προσδιορισμός του συντελεστή αὐτεπαγωγῆς καὶ τῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως πηνίων με χρήση τῆς γέφυρας Maxwell (Μάξγουελ) καὶ τῆς γέφυρας μετρήσεως αὐτεπαγωγῆς με χορδή.
- Ό πειραματικός προσδιορισμός τῆς χωρητικότητας καὶ τῆς ἀντιστάσεως ἀπωλειῶν πυκνωτῶν με χρήση τῆς γέφυρας Schering (Σέρινγκ) καὶ τῆς γέφυρας μετρήσεως χωρητικότητας με χορδή.

#### 25.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ συντελεστῆ αὐτεπαγωγῆς  $L$  πηνίου ἢ τῆς χωρητικότητας  $C$  πυκνωτῆ, ὑπάρχουν στὸ ἐμπόριο διάφορες γέφυρες τῶν ὁποίων ἡ μορφή καὶ ἡ λειτουργία μοιάζει με τὴ γέφυρα Wheatstone.

Οἱ γέφυρες αὐτές γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῆς αὐτεπαγωγῆς  $L$  πηνίου ἢ τῆς χωρητικότητας  $C$  πυκνωτῆ τροφοδοτοῦνται ἀπὸ πηγή ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Αὐτὸ γίνεται γιὰτὴ ἡ ἐπίδραση τοῦ  $L$  καὶ τοῦ  $C$  σ' ἓνα κύκλωμα ἐμφανίζεται μόνον στὸ A.C. καὶ ὄχι στὸ D.C.

Ἐπίσης οἱ γέφυρες αὐτές ἀντὶ γιὰ ὄργανο μηδενισμοῦ (μιλλιαμπερόμετρο ἢ γαλβανόμετρο), γιὰ νὰ παρακολουθοῦμε πότε ἔχομε ἰσορροπία, μποροῦν νὰ ἔχουν ζευγὸς ἀκουστικῶν. Ὄταν ἀπὸ τὸν κλάδο τῆς γέφυρας πού ἔχουν συνδεθεῖ τὰ ἀκουστικά, περνᾷ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τότε παράγεται ἓνας βόμβος στὰ ἀκουστικά. Ἐπομένως θὰ ἔχομε ἰσορροπία τῆς γέφυρας ὅταν δέν ἀκούγεται βόμβος στὰ ἀκουστικά.

Μία γέφυρα που χρησιμοποιείται πολύ για τη μέτρηση του συντελεστή αὐτεπαγωγῆς πηνίων εἶναι ἡ γέφυρα Maxwell (σχ. 25.3α). Στὴ γέφυρα αὐτὴ οἱ ἀντιστάσεις  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  καὶ ὁ πυκνωτὴς  $C_4$  περιέχονται μέσα στό κιβώτιο τοῦ ὄργανου, ἐνῶ ἐξωτερικά συνδέεται τὸ πηνίο πού ἔχει τὴν ἀγνωστὴ αὐτεπαγωγὴ  $L_X$  καὶ τὴν ἀγνωστὴ ὠμικὴ ἀντίσταση  $R_X$  πού θέλομε νὰ μετρήσομε. Ἡ ἀντίσταση  $R_3$  καὶ ὁ πυκνωτὴς  $C_4$  ἔχουν σταθερές τιμές, ἐνῶ οἱ ἀντιστάσεις  $R_2$  καὶ  $R_4$  εἶναι μεταβλητές μέ λεπτομερὴ μεταβολὴ τῆς τιμῆς τους.

Οἱ κόμβοι A, B τῆς γέφυρας Maxwell συνδέονται μέ τὴν πηγὴ ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Μεταξύ τῶν κόμβων Γ, Δ συνδέεται ἕνα πολὺ εὐαίσθητο ὄργανο γιὰ τὴν παρακολούθηση τοῦ μηδενισμοῦ τοῦ ρεύματος ἢ ἕνα ζευγὸς ἀκουστικῶν.

Ὅταν δέν περνᾷ ρεῦμα ἀπὸ τὸν κλάδο ΓΔ τῆς γέφυρας Maxwell, ὅταν δηλαδὴ ἡ γέφυρα ἰσορροπεῖ, ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύουν οἱ σχέσεις:

$$L_X = \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot C_4}{1000} \quad (1) \quad \text{καὶ} \quad R_X = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4} \quad (2)$$

στὶς ὁποῖες οἱ ἀντιστάσεις ἐκφράζονται σέ  $\Omega$ , τὸ  $C_4$  σέ  $\mu\text{F}$  καὶ τὸ  $L_X$  προκύπτει σέ mH.

Ἀπὸ τίς σχέσεις αὐτές καὶ μέ τίς γνωστὲς τιμές τῶν  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $C_4$ , ὑπολογίζομε τίς  $L_X$  καὶ  $R_X$  χωρὶς νὰ χρειάζεται νὰ εἶναι γνωστὲς ἡ τάση U καὶ ἡ ἔνταση I στὰ διάφορα μέρη τοῦ κυκλώματος.

Γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ συντελεστῆ αὐτεπαγωγῆς πηνίου χρησιμοποιεῖται καὶ ἡ γέφυρα μετρήσεως αὐτεπαγωγῆς μέ χορδὴ (σχ. 25.3β), στὴν ὁποία οἱ δύο κλάδοι τῆς AD καὶ ΔB ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα μεταλλικὸ τετρωμένο σύρμα (χορδὴ) σταθερῆς διατομῆς. Κατὰ μῆκος τῆς χορδῆς ὑπάρχει βαθμολογημένη κλίμακα (συνήθως σέ cm). Ὁ κόμβος Δ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα δρομέα πού κινεῖται κατὰ μῆκος τῆς χορδῆς καὶ ἐφάπτεται σ' αὐτήν. Ἐπίσης ὑπάρχει καὶ μία πρόσθετη μεταβλητὴ ἀντίσταση  $R_p$  (ἀπαραίτητη γιὰ τὴν ἐπίτευξη τῆς ἰσορροπίας τῆς γέφυρας) καὶ ὁ κόμβος Γ τῆς γέφυρας εἶναι ὁ δρομέας τῆς ἀντιστάσεως αὐτῆς  $R_p$ .

Τὸ πηνίο μέ τὰ γνωστὰ στοιχεῖα ( $L_3$ ,  $R_3$ ) καλὸ θὰ εἶναι νὰ ἔχει δυνατότητα μεταβολῆς τους, ὥστε νὰ μπορούμε, γιὰ μεγαλύτερη ἀκρίβεια, νὰ τοὺς δίνομε τιμές τῆς ἴδιας τάξεως μεγέθους μέ τὰ ἀντίστοιχα στοιχεῖα τοῦ πρὸς μέτρηση πηνίου ( $L_X$ ,  $R_X$ ).

Ὅταν ἡ γέφυρα μέ χορδὴ ἰσορροπεῖ, ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύει ἡ ἀκόλουθη σχέση:

$$L_X = L_3 \cdot \frac{l_2}{l_4} \quad (3)$$

ἀπὸ τὴν ὁποία ὑπολογίζομε τὴν  $L_X$  ἀπὸ τὴ γνωστὴ τιμὴ τῆς  $L_3$  καὶ τὰ

μήκη  $l_2, l_4$  τῶν δύο μερῶν στά ὅποια χωρίζεται ἡ χορδή ἀπό τό δρομέα. Ἡ ὠμική ἀντίσταση  $R_X$  τοῦ πηνίου ὑπολογίζεται μέ ἕνα πιά πολύπλοκο τύπο (στόν ὅποιο μπαίνουν καί τά δύο μέρη  $R', R''$  στά ὅποια χωρίζει ὁ δρομέας  $\Gamma$  τήν  $R_p$ ). Μέ τόν ὑπολογισμό αὐτό δέν θά ἀσχοληθοῦμε στήν ἀσκηση αὐτή.

Γιά τή μέτρηση τῆς χωρητικότητας πυκνωτῆ χρησιμοποιεῖται συνήθως ἡ γέφυρα Schering (σχ. 25.3γ). Στή γέφυρα Schering οἱ ἀντιστάσεις  $R_2, R_4$  καί οἱ πυκνωτές  $C_3, C_4$  περιέχονται στό κιβώτιο τοῦ ὄργανου, ἐνῶ ὁ πυκνωτής μέ τήν ἀγνωστη χωρητικότητα  $C_X$  καί τήν ἀγνωστη ἀντίσταση ἀπωλειῶν  $R_X$  συνδέεται ἐξωτερικά σ' αὐτό. Ὑπενθυμίζομε ἐδῶ ὅτι ἡ ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ πυκνωτῆ εἶναι ἡ ὠμική ἀντίσταση πού παρουσιάζει τό διηλεκτρικό του, ἡ ὅποια στούς (πραγματικούς) πυκνωτές δημιουργεῖ τίς ἀπώλειες τοῦ πυκνωτῆ. Ὁ πυκνωτής  $C_3$  ἔχει σταθερή χωρητικότητα καί ἀμελητέες ἀπώλειες, ἐνῶ ὁ  $C_4$  εἶναι μεταβλητός μέ ἐπίσης ἀμελητέες ἀπώλειες. Ἡ ἀντίσταση  $R_4$  ἔχει σταθερή τιμή, ἐνῶ ἡ  $R_2$  εἶναι μεταβλητή.

Ἡ σύνδεση τῆς πηγῆς καί τοῦ ὄργανου μηδενισμοῦ ἢ τῶν ἀκουστικῶν γίνεται ὅπως καί στή γέφυρα Maxwell. Κατά τήν ἰσορροπία τῆς γέφυρας Schering ἰσχύουν οἱ σχέσεις:

$$C_X = C_3 \cdot \frac{R_4}{R_2} \quad (4) \quad \text{καί} \quad R_X = R_2 \cdot \frac{C_4}{C_3} \quad (5)$$

ἀπό τίς ὁποῖες ὑπολογίζομε τίς τιμές τῆς χωρητικότητας  $C_X$  καί τῆς ἀντιστάσεως ἀπωλειῶν  $R_X$  τοῦ πυκνωτῆ. Στίς παραπάνω σχέσεις οἱ τιμές τῶν ἀντιστάσεων μπαίνουν σέ  $\Omega$  καί τῶν χωρητικότητων σέ  $\mu\text{F}$ .

Γιά τή μέτρηση τῆς χωρητικότητας πυκνωτῆ χρησιμοποιεῖται καί ἡ γέφυρα μετρήσεως χωρητικότητας μέ χορδή τοῦ σχήματος 25.3δ.

Ὅταν ἡ γέφυρα αὐτή ἰσορροπεῖ, ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύει ἡ σχέση:

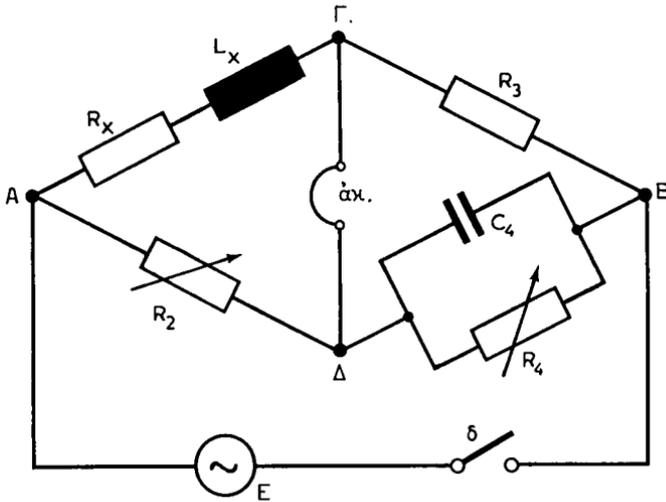
$$C_X = C_3 \cdot \frac{l_4}{l_2} \quad (6)$$

ἀπό τήν ὅποια ὑπολογίζομε τήν  $C_X$  ἀπό τίς γνωστές τιμές τῶν  $C_3, l_2, l_4$ .

Στήν ἀσκηση αὐτή θά προσδιορισθεῖ ἀρχικά ἡ τιμή τῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως καί τοῦ συντελεστῆ αὐτεπαγωγῆς ἑνός πηνίου μέ τή γέφυρα Maxwell καί ὁ συντελεστής αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου αὐτοῦ μέ τή γέφυρα μετρήσεως αὐτεπαγωγῆς μέ χορδή καί θά συγκριθοῦν τά ἀποτελέσματα. Στή συνέχεια θά γίνει μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως ἀπωλειῶν καί τῆς χωρητικότητας ἑνός πυκνωτῆ μέ τή γέφυρα Schering καί τέλος μέτρηση τῆς χωρητικότητας τοῦ πυκνωτῆ μέ τήν ἀντίστοιχη γέφυρα μέ χορδή καί θά συγκριθοῦν τά ἀποτελέσματα.

### 25.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί ύλικά.

Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 25.3α.



Σχ. 25.3α.

Συνδεσμολογία γέφυρας Maxwell.

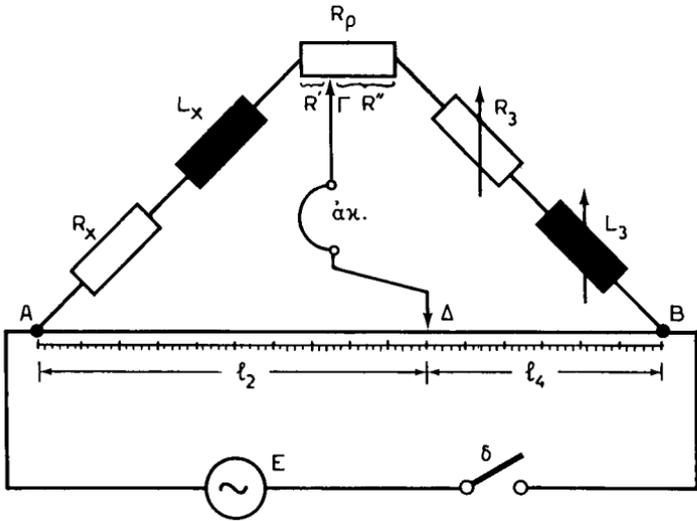
α) Γέφυρα Maxwell πού περιλαμβάνει:

- Πηγή E A.C.
- Άντίσταση  $R_3$  σταθερής τιμής.
- Άντιστάσεις  $R_2, R_4$  μεταβαλλόμενης τιμής.
- Πυκνωτή  $C_4$  μέ σταθερή τιμή.
- Όργανο μηδενισμού ή άκουστικά.
- Διακόπτη δ.

β) Ένα πηνίο μέ ώμική αντίσταση  $R_x$  καί συντελεστή αὐτεπαγωγής  $L_x$ .

Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 25.3β.

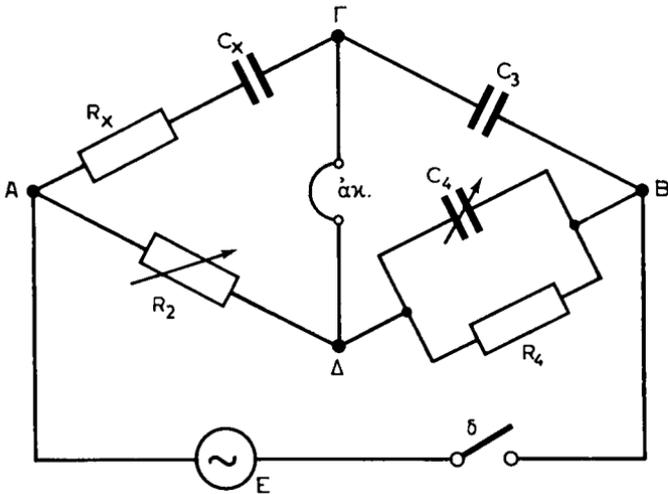
- Πηγή E A.C.
- Πηνίο (τό ίδιο μέ τῆς προηγούμενης συνδεσμολογίας).
- Πηνίο ( $R_3, L_3$ ) μεταβλητῆς αὐτεπαγωγῆς (καί ἀντιστάσεως).
- Ροοστάτης  $R_p$  μέ κατάλληλη τιμή.
- Μεταλλική χορδή μέ σταθερή διατομή σύρματος.
- Βαθμολογημένη κλίμακα κατά μήκος τῆς χορδῆς.
- Όργανο μηδενισμού ή άκουστικά.
- Διακόπτης δ.



Σχ. 25.3β.

Συνδεσμολογία γέφυρας μετρήσεως ατέπαγωγής μέ χορδή.

*Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 25.3γ.*

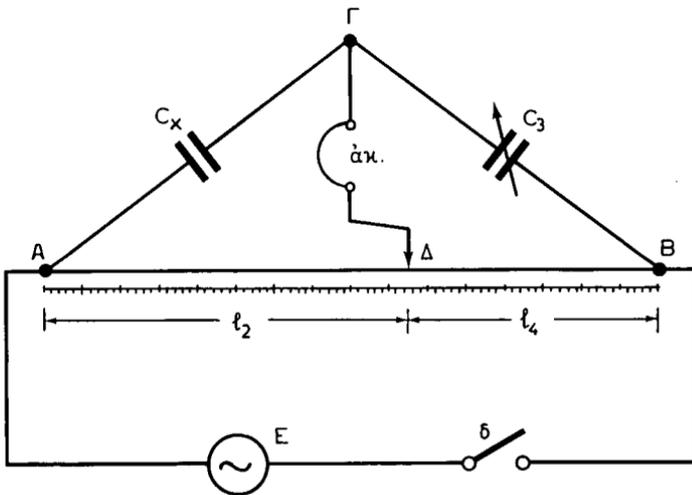


Σχ. 25.3γ.

Συνδεσμολογία γέφυρας Schering.

- α) Γέφυρα Schering πού περιλαμβάνει:
- Πηγή  $E$  A.C.
  - Αντίσταση  $R_4$  με σταθερή τιμή.
  - Αντίσταση  $R_2$  με μεταβαλλόμενη τιμή.
  - Πυκνωτή  $C_3$  με σταθερή τιμή.
  - Πυκνωτή  $C_4$  με μεταβαλλόμενη αλλά μικρή χωρητικότητα.
  - Όργανο μηδενισμού ή άκουστικά.
  - Διακόπτη  $\delta$ .
- β) Ένας πυκνωτής με χωρητικότητα  $C_X$  και αντίσταση άπωλειών  $R_X$ .

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 25.36.



Σχ. 25.36.

Συνδεσμολογία γέφυρας μετρήσεως χωρητικότητας με χορδή.

- Πηγή  $E$  A.C.
- Πυκνωτής (ο ίδιος με τής συνδεσμολογίας του σχήματος 25.3γ).
- Μεταβλητός πυκνωτής  $C_3$ .
- Μεταλλική χορδή με σταθερή διατομή σύρματος.
- Βαθμολογημένη κλίμακα κατά μήκος τής χορδής.
- Όργανο μηδενισμού ή άκουστικά.
- Διακόπτης  $\delta$ .

## 25.4 Πορεία έργασίας.

### 25.4.1 Μέτρηση τής ωμικής αντίστασεως καί του συντελεστή αύτεπαγωγής πηνίου μέ τή γέφυρα Maxwell.

α) Διαβάστε τίσ οδηγίες χρήσεως τής γέφυρας Maxwell του έργαστηρίου ή ενημερωθείτε γιά τή λειτουργία της από τόν καθηγητή σας.

β) Συνδέστε τό πρόσ μέτρηση πηνίο στόν κλάδο ΑΓ τής γέφυρας.

γ) Άκολουθώντας πάντοτε τίσ οδηγίες του κατασκευαστή, προσπαθήστε νά έπιτύχετε ίσορροπία τής γέφυρας. Συνήθως στίς γέφυρες Maxwell πρέπει πρώτα νά μεταβάλετε τή μεταβλητή αντίσταση  $R_2$ , ώστε νά έπιτευχθεί ή μικρότερη δυνατή απόκλιση του δείκτη του όργανου μηδενισμού (ή ό μικρότερος βόμβος στά άκουστικά) καί στή συνέχεια νά μεταβάλετε τήν  $R_4$ . Οι διαδοχικές μεταβολές τών  $R_2$  καί  $R_4$  νά συνεχισθοϋν μέχρις ότου ή απόκλιση του δείκτη ή ό βόμβος τών άκουστικών σχεδόν μηδενισθεί.

δ) Σημειώστε στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 25.4.1 τίσ τιμές τών  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $C_4$  γιά τίσ όποιες ίσορρόπησε ή γέφυρα.

ε) Προσδιορίστε τήν ωμική αντίσταση  $R_X$  ( $\Omega$ ) καί τό συντελεστή αύτεπαγωγής  $L_X$  (mH) του πηνίου από τίσ σχέσεις (2) καί (1) τής παραγράφου 25.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 25.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 25.4.1.**

$R_2(\Omega)$	$R_3(\Omega)$	$R_4(\Omega)$	$C_4(\mu F)$	$R_X(\Omega)$	$L_X(mH)$

### 25.4.2 Μέτρηση του συντελεστή αύτεπαγωγής πηνίου μέ τή γέφυρα μέ χορδή.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 25.3β μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Συνδέστε στόν κλάδο ΑΓ τής γέφυρας τό πηνίο, του όποιου θέλομε νά μετρήσομε τό συντελεστή αύτεπαγωγής.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ.

δ) Μεταβάλετε τήν αύτεπαγωγή του πηνίου  $L_3$  καί τήν κινητή έπαφή Γ, ώστε, όταν ή κινητή έπαφή Δ είναι στό μέσο τής χορδής ΑΒ, τό όργανο μηδενισμού νά δείχνει μικρή ένδειξη ή στά άκουστικά νά άκούγεται μικρός βόμβος.

ε) Μέ σταθερές τίσ τιμές τών  $L_3$  καί  $R_0$  μετακινήστε τήν κινητή

έπαφή Δ ώστε η γέφυρα νά ισορροπήσει.

στ) Μετρήστε τά μήκη  $l_2$ ,  $l_4$  και σημειώστε τα, καθώς και τήν τιμή τής  $L_3$ , στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 25.4.2.

ζ) Προσδιορίστε τήν τιμή τής  $L_X$  από τή σχέση (3) τής παραγράφου 25.2 και σημειώστε την στον Πίνακα 25.4.2.

η) Συγκρίνετε τīs τιμές του συντελεστή αΰτεπαγωγής του πηνίου από τούς Πίνακες 25.4.1 και 25.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 25.4.2.**

$L_3$ (mH)	$l_2$ (cm)	$l_4$ (cm)	$L_X$ (mH)

### **25.4.3 Μέτρηση τής αντίστασης άπωλειών και τής χωρητικότητας πυκνωτή μέ τή γέφυρα Schering.**

α) Διαβάστε τīs οδηγίες χρήσεως τής γέφυρας Schering του έργαστηρίου ή ένημερωθείτε για τή λειτουργία της από τόν καθηγητή σας.

β) Συνδέστε τόν πρόσ μέτρηση πυκνωτή στον κλάδο ΑΓ τής γέφυρας.

γ) Άκολουθώντας πάντοτε τīs οδηγίες του κατασκευαστή τής γέφυρας, μεταβάλετε τīs τιμές τής αντίστασης  $R_2$  και του πυκνωτή  $C_4$  ώστε η γέφυρα νά ισορροπήσει.

δ) Σημειώστε στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 25.4.3 τīs τιμές των  $R_2$ ,  $C_3$ ,  $R_4$ ,  $C_4$  για τīs όποιες η γέφυρα ισορρόπησε.

ε) Προσδιορίστε τήν τιμή τής αντίστασης άπωλειών  $R_X$  ( $\Omega$ ) και τής χωρητικότητας  $C_X$  ( $\mu F$ ) του πυκνωτή από τīs σχέσεις (5) και (4) που άναφέρονται στις είσαγωγικές πληροφορίες και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 25.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 25.4.3.**

$R_2$ ( $\Omega$ )	$C_3$ ( $\mu F$ )	$R_4$ ( $\Omega$ )	$C_4$ ( $\mu F$ )	$R_X$ ( $\Omega$ )	$C_X$ ( $\mu F$ )

### **25.4.4 Μέτρηση τής χωρητικότητας πυκνωτή μέ τή γέφυρα μέ χορδή.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 25.3δ μέ άνοικτό διακόπτη δ.

β) Συνδέστε τόν πυκνωτή στον κλάδο ΑΓ της γέφυρας.

γ) Κλείστε τό διακόπτη δ.

δ) Μεταβάλετε τή χωρητικότητα  $C_3$ , ώστε, όταν ή κινητή έπαφή Δ είναι στό μέσο τής χορδής ΑΒ, τό όργανο μηδενισμού νά δείχνει μικρή ένδειξη ή στά άκουστικά νά γίνεται αισθητός μικρός βόμβος.

ε) Μέ σταθερή τήν τιμή τής  $C_3$  μετακινήστε τήν κινητή έπαφή Δ ώστε ή γέφυρα νά ίσορροπήσει.

στ) Μετρήστε τά μήκη  $l_2, l_4$  καί σημειώστε τα, καθώς καί τήν τιμή τής  $C_3$ , στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 25.4.4.

ζ) Προσδιορίστε τήν τιμή τής  $C_X$  από τή σχέση (6) τής παραγράφου 25.2 καί σημειώστε την στον Πίνακα 25.4.4.

η) Συγκρίνετε τίς τιμές τής χωρητικότητας του πυκνωτή από τούς Πίνακες 25.4.3 καί 25.4.4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 25.4.4.**

$C_3(\mu F)$	$l_2(\text{cm})$	$l_4(\text{cm})$	$C_X(\mu F)$

### **Σημείωση:**

“Αν τό έργαστήριο δέ διαθέτει γέφυρα Maxwell ή γέφυρα Schering, μπορεί νά χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε άλλη γέφυρα του έμπορίου για μέτρηση άυτεπαγωγών ή χωρητικότητων. Στην περίπτωση αυτή πρέπει νά ακολουθήσετε άκριβώς τίς οδηγίες του κατασκευαστή της.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΕΚΤΗ

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ R, L, C ΣΕ ΣΕΙΡΑ

#### ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΣΕΙΡΑΣ

##### 26.1 Σκοπός.

- ‘Η πειραματική μελέτη ενός κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος πού έχει ως κατανάλωση μία ωμική αντίσταση, ένα πηνίο και έναν πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά και ή έπαλήθευση του νόμου του Ωμ για τό έναλλασσόμενο ρεύμα.
- ‘Η πειραματική έπιβεβαίωση τών φαινομένων πού παρατηρούνται στό συντονισμό σειράς.

##### 26.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

‘Η σύνθετη αντίσταση Z καταναλωτή πού τροφοδοτείται μέ έναλλασσόμενο ρεύμα και αποτελείται από μία ωμική αντίσταση, ένα πηνίο και έναν πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά δίνεται από τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

όπου: R ή ωμική αντίσταση, σέ Ω,

$X_L$  ή έπαγωγική αντίσταση του πηνίου, σέ Ω και

$X_C$  ή χωρητική αντίσταση του πυκνωτή, σέ Ω.

‘Η έπαγωγική αντίσταση  $X_L$  του πηνίου δίνεται από τίς σχέσεις:

$$X_L = \frac{\omega \cdot L}{1000} \quad \text{σέ } \Omega \quad (2) \quad \text{ή} \quad X_L = \frac{2\pi f \cdot L}{1000} \quad \text{σέ } \Omega \quad (3)$$

όπου: L ό συντελεστής αύτεπαγωγής του πηνίου, σέ μίλλιανρύ (mH),  
 $\omega$  ή κυκλική συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος, σέ 1/s,  
f ή συχνότητα του έναλλασσόμενου ρεύματος, σέ Hz και  
 $\pi = 3,14$ .

Ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση  $X_C$  τοῦ πυκνωτῆ δίνεται ἀπὸ τὶς σχέσεις:

$$X_C = \frac{10^6}{\omega \cdot C} \quad \text{σὲ } \Omega \quad (4) \quad \text{ἢ} \quad X_C = \frac{10^6}{2\pi f \cdot C} \quad \text{σὲ } \Omega \quad (5)$$

ὅπου:  $C$  ἡ χωρητικὴ τοῦ πυκνωτῆ, σὲ μικροφάραντ ( $\mu F$ ),  
 $\omega$  ἡ κυκλικὴ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, σὲ  $1/s$ ,  
 $f$  ἡ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, σὲ  $Hz$  καὶ  
 $\pi = 3,14$ .

Ὅταν εἶναι  $X_L > X_C$ , ὁ σύνθετος καταναλωτὴς παρουσιάζει ἐπαγωγικὴ φόρτιση, ἐνῶ ὅταν εἶναι  $X_L < X_C$ , ὁ σύνθετος καταναλωτὴς παρουσιάζει χωρητικὴ φόρτιση. Τέλος, ὅταν  $X_L = X_C$ , ἔχομε τὸ φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ.

Ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς ἐντάσεως  $I$  ποῦ περνᾷ ἀπὸ τὸ σύνθετο καταναλωτὴ, ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθη σχέση, ποῦ ἀποτελεῖ τὴ γενικὴ μορφή τοῦ νόμου τοῦ Ὡμ γιὰ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα:

$$I = \frac{U}{Z} \quad \text{σὲ } A \quad (6)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς ἐφαρμοζόμενης τάσεως, σὲ  $V$  καὶ  
 $Z$  ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ, σὲ  $\Omega$ , ἡ ὁποία ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέση (1).

Ἡ γωνία  $\phi$  τῆς διαφορᾶς φάσεως μεταξὺ τῆς τάσεως  $U$  καὶ τῆς ἐντάσεως  $I$  τοῦ κυκλώματος βρίσκεται ἀπὸ πίνακες, ἀφοῦ πρῶτα ὑπολογίσουμε τὸ συνημίτονο τῆς γωνίας αὐτῆς ἀπὸ τὴν σχέση:

$$\text{συν}\phi = \frac{R}{Z} \quad (7)$$

ὅπου:  $R$  ἡ ὠμικὴ ἀντίσταση, σὲ  $\Omega$  καὶ  
 $Z$  ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ, σὲ  $\Omega$ .

Ἡ τάση  $U_R$  στὰ ἄκρα τῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως  $R$  εἶναι σὲ φάση μὲ τὴν ἐνταση  $I$  τοῦ κυκλώματος, ἡ τάση  $U_L$  στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου προπορεύεται τῆς  $I$  κατὰ  $90^\circ$  καὶ ἡ τάση  $U_C$  στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ βρίσκεται σὲ ἐπιπορεία ὡς πρὸς τὴν  $I$  κατὰ  $90^\circ$ .

Οἱ γωνίες τῶν  $90^\circ$  ποῦ ἀναφέρθηκαν παραπάνω ἰσχύουν γιὰ ἰδανικὸ πηνίο, δηλαδὴ πηνίο χωρὶς ὠμικὴ ἀντίσταση, καὶ ἰδανικὸ πυκνωτὴ, δηλαδὴ πυκνωτὴ χωρὶς ἀπώλειες.

Σὲ ἓνα κύκλωμα μὲ  $R$ ,  $L$ ,  $C$  σὲ σειρά ἐμφανίζεται τὸ φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ ὅταν τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μὲ τὸ ὁποῖο τὸ τροφοδοτοῦμε ἔχει συχνότητα  $f_0$  ποῦ δίνεται ἀπὸ τὴν σχέση:

$$f_0 = \frac{10^4 \cdot \sqrt{10}}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} \quad \text{σέ Hz} \quad (8)$$

όπου: L ό συντελεστής αύτεπαγωγής του πηνίου, σέ μιλλιανρύ (mH),  
C ή χωρητικότητα του πυκνωτή, σέ μικροφαράντ (μF) καί  
 $\pi = 3,14$ .

Κατά τό συντονισμό κυκλώματος μέ R, L, C σέ σειρά παρατηρούνται  
τά έξής:

α) Η έπαγωγική αντίσταση  $X_L$  γίνεται ίση μέ τή χωρητική αντίσταση  
 $X_C$ . Δηλαδή:

$$X_L = X_C \quad (9)$$

β) Η σύνθετη αντίσταση του καταναλωτή γίνεται ίση μέ τήν ώμική  
του αντίσταση R. Δηλαδή:

$$Z = R \quad (10)$$

γ) Τό ρεύμα I του κυκλώματος παίρνει τή μέγιστη τιμή του (γιά τίς ό-  
ρισμένες τιμές των R, L, C) καί δίνεται από τή σχέση:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{σέ A} \quad (11)$$

όπου: U ή έφαρμοζόμενη τάση, σέ V καί

R ή ώμική αντίσταση, σέ Ω.

δ) Η διαφορά φάσεως φ μεταξύ τάσεως U καί έντάσεως I ίσοϋται  
μέ 0° (συνφ = 1), δηλαδή από τήν άποψη αυτή ό σύνθετος καταναλω-  
τής συμπεριφέρεται όπως μία ώμική αντίσταση.

ε) Η τάση  $U_R$  στα άκρα της R παίρνει τή μέγιστη τιμή της (γιά τίς  
όρισμένες τιμές των R, L, C) καί ίσοϋται μέ τήν τάση U της πηγής. Είναι  
δηλαδή:

$$U_R = U = I \cdot R \quad (12)$$

Στή σχέση αυτή τά μεγέθη καί οι μονάδες τους είναι οι ίδιες μέ αυτές  
πού είδαμε στό γ.

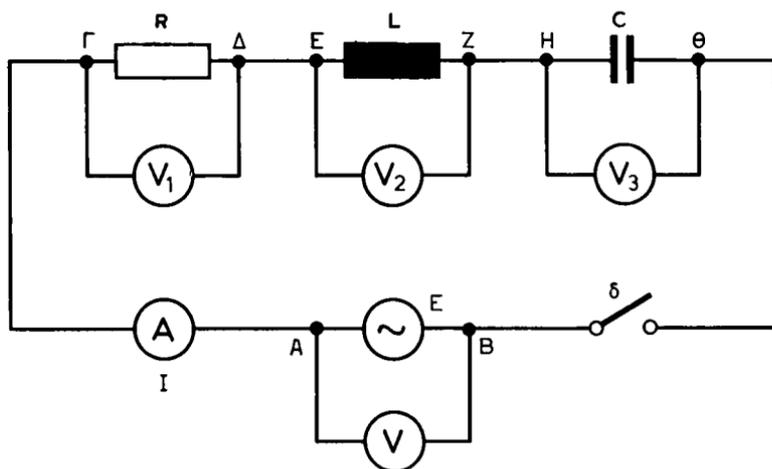
στ) Η τάση  $U_L$  στα άκρα του πηνίου είναι ίση (καί αντίθετη) μέ τήν  
τάση  $U_C$  στα άκρα του πυκνωτή.

ζ) Οι τάσεις  $U_L$  καί  $U_C$  μπορεί νά γίνουν πολύ μεγάλες καί μάλιστα  
πολύ μεγαλύτερες από τήν έφαρμοζόμενη τάση U. Γι' αυτό πρέπει, πρίν  
συνδέσομε στοιχεία R, L, C σέ σειρά, νά βεβαιωνόμαστε κάνοντας κα-  
τάλληλους ύπολογισμούς, ότι δέ θά παρουσιάσουν περίπτωση συντο-  
νισμού μέ τάσεις επικίνδυνες γιά τίς συσκευές καί γιά όσους θά χειρι-  
στοϋν τό κύκλωμα.

Στό έργαστήριο θά συνδέσομε σέ σειρά μία αντίσταση R, ένα πηνίο

L και έναν πυκνωτή  $C_1$  με τιμές τέτοιες, ώστε το κύκλωμα να παρουσιάζει έπαγωγική φόρτιση. Στο κύκλωμα αυτό θα προσδιορισθεί η ένταση του I, ή γωνία φάσεως  $\phi$ , οι τάσεις  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $U_C$  και θα κατασκευασθεί το διανυσματικό του διάγραμμα. Ο προσδιορισμός της έντάσεως I θα γίνει με μέτρηση και με υπολογισμό με τη βοήθεια του νόμου του Ωμ για το έναλλασσόμενο ρεύμα (έπαληθευση του νόμου). Στη συνέχεια θα έπαναληφθούν τά παραπάνω για ένα κύκλωμα σειράς (R, L,  $C_2$ ) που θα έμφανίζει χωρητική φόρτιση, και για ένα τρίτο κύκλωμα σειράς (R, L,  $C_3$ ), που θα βρίσκεται περίπου σε συντονισμό.

### 26.3 Απαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 26.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 26.3β ως 26.3δ).



Σχ. 26.3α.

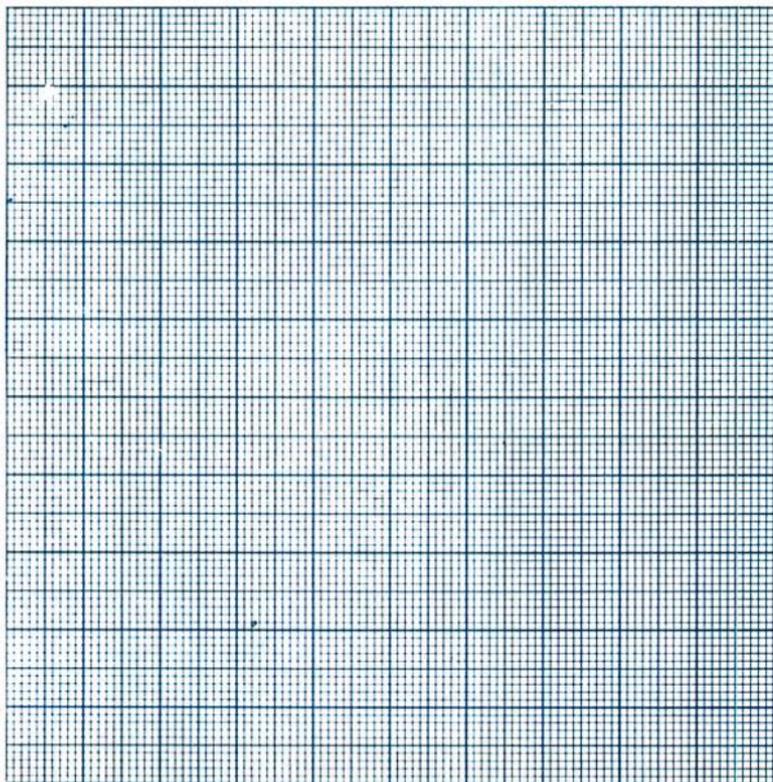
- Πηγή  $E = 100 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή αντίσταση  $R = 40 \Omega$ , 3 A.
- Πηνίο L με αΰτεπαγωγή 200 mH και όσο τό δυνατό μικρότερη ωμική αντίσταση και με διατομή σύρματος κατάλληλη για ρεύμα μέχρι 3 A.
- Πυκνωτές με όνομαστική τάση τουλάχιστον 220 V και με χωρητικότητες:

$$C_1 = 70 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 20 \mu\text{F}$$

$$C_3 = 50 \mu\text{F}$$

- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A A.C.}$  ή  $0 \div 5 \text{ A A.C.}$



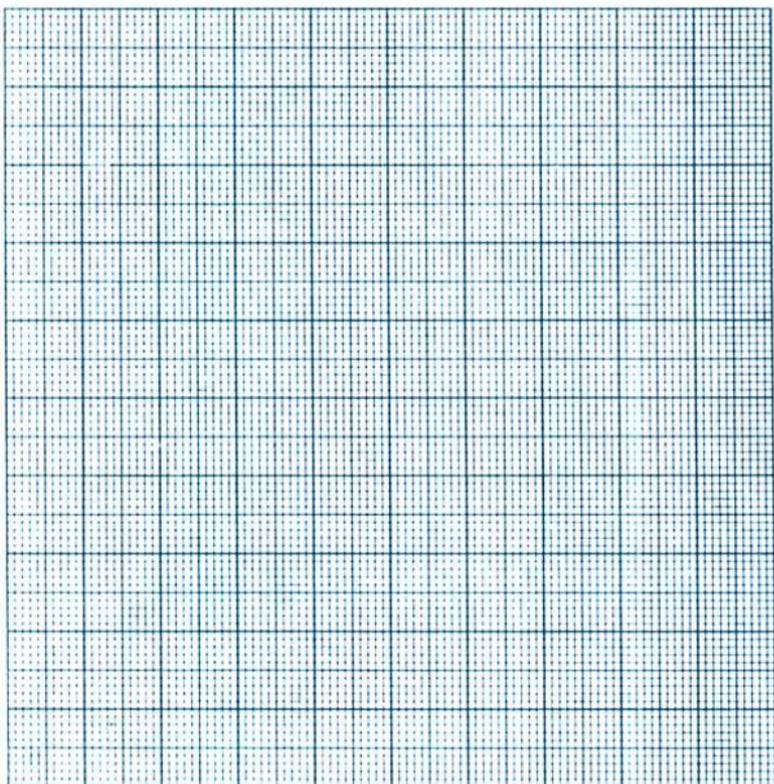
Σχ. 26.3β.

Διανυσματικό διάγραμμα (έπαγωγική φόρτιση).

- Βολτόμετρα A.C.:  $V : 0 \div 150 \text{ V}$   
 $V_1 : 0 \div 150 \text{ V}$   
 $V_2 : 0 \div 250 \text{ V}$   
 $V_3 : 0 \div 250 \text{ V}$
- Διακόπτης δ.

### Σημείωση:

“Αν τό έργαστήριο δέ διαθέτει έναν ή περισσότερους από τούς πυκνωτές  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  μέ τίς τιμές πού δόθηκαν παραπάνω, μπορούν νά χρησιμοποιηθοῦν άλλοι πυκνωτές συνδεδέμενοι κατάλληλα (σέ σειρά ή παράλληλα), ώστε ή χωρητικότητα τοῦ συγκροτήματός τους νά ίσοῦται μέ τή ζητούμενη χωρητικότητα.



Σχ. 26.3γ.

Διανυσματικό διάγραμμα (χωρητική φόρτιση).

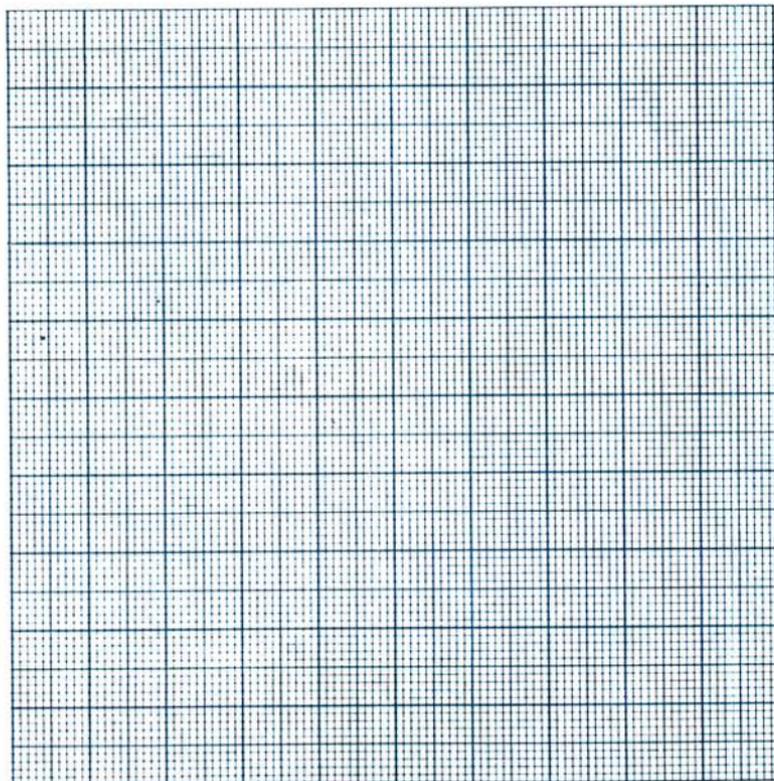
## 26.4 Πορεία εργασίας.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 26.3α συνδέοντας τόν πυκνωτή  $C_1$  μεταξύ των σημείων Η,Θ και μέ ανοικτό τό διακόπτη δ.

β) Σημειώστε τίς τιμές τής αντίστασεως R, του συντελεστή αύτεπαγωγής L του πηνίου και τής επαγωγικής αντίστασεως  $X_L$ , πού υπολογίζεται από τή σχέση (3) τής παραγράφου 26.2, στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 26.4.1.

Έπειδή οι τιμές των μεγεθών αυτών παραμένουν σταθερές σέ ολη τή διάρκεια τής άσκησης, σημειώστε τίς και στίς τρείς περιπτώσεις (α/α 1, α/α 2 και α/α 3) των αντίστοιχων στηλών του Πίνακα 26.4.1.

γ) Σημειώστε τήν τιμή τής χωρητικότητας  $C_1$  στή στήλη C του Πίνακα 26.4.1 και στή θέση πού αντιστοιχεί στήν περίπτωση α/α 1.



Σχ. 26.36.

Διανυσματικό διάγραμμα (συντονισμός σειράς).

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.4.1.

α/α	R (Ω)	L (mH)	$X_L$ (Ω)	C (μF)	$X_C$ (Ω)	Φόρτιση κυκλώματος	
1							
2							
3							
α/α	U (V)	I (A)	Z (Ω)	I = U/Z (A)	συνφ	$\phi^{(o)}$	$\phi^{(o)}$ (διαγρ)
1							
2							
3							

δ) Υπολογίστε τή χωρητική αντίσταση  $X_C$  από τή σχέση (5) τής παραγράφου 26.2 καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 26.4.1.

ε) Συγκρίνετε τίσ τιμές τών  $X_L$  καί  $X_C$  καί σημειώστε στόν ίδιο πίνακα τήν αντίστοιχη φόρτιση του κυκλώματος σειράς, μέ βάση αυτά που αναφέρονται στήν παράγραφο 26.2.

στ) Κλείστε τό διακόπτη δ.

ζ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο  $V$  τήν τάση  $U$  τροφοδοτήσεως του κυκλώματος καί μέ τό άμπερόμετρο τήν ένταση  $I$  που διαρρέει τό κύκλωμα καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 26.4.1.

η) Υπολογίστε τή σύνθετη αντίσταση  $Z$  του κυκλώματος από τή σχέση (1) τής παραγράφου 26.2 καί σημειώστε την στόν ίδιο πίνακα.

θ) Υπολογίστε τήν ένταση  $I$  του κυκλώματος από τή σχέση (6) τής παραγράφου 26.2, σημειώστε την στόν Πίνακα 26.4.1 καί συγκρίνετέ την μέ τήν τιμή που βρήκατε στήν έργασία ζ.

ι) Υπολογίστε τό συνημίτονο τής γωνίας  $\phi$  (μεταξύ τάσεως καί έντάσεως) από τή σχέση (7) τής παραγράφου 26.2 καί σημειώστε το καί αυτό στόν Πίνακα 26.4.1.

ια) Βρείτε από πίνακες τή γωνία  $\phi$  τής όποιας ύπολογίσατε τό συνημίτονο καί γράψτε την στόν παραπάνω πίνακα.

ιβ) Μετρήστε μέ τά βολτόμετρα  $V_1, V_2, V_3$  τίσ τάσεις  $U_R$  (στά άκρα τής αντίστασεως),  $U_L$  (στά άκρα του πηνίου) καί  $U_C$  (στά άκρα του πυκνωτή) αντίστοιχως καί σημειώστε τίσ τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 26.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 26.4.2.**

α/α	$U_R$ (V)	$U_L$ (V)	$U_C$ (V)	$U$ (V)	$U_{(διαγρ)}$ (V)
1					
2					
3					

ιγ) Σημειώστε καί στόν Πίνακα 26.4.2 τήν τάση  $U$  τροφοδοτήσεως του κυκλώματος (άπό τήν ένδειξη του βολτομέτρου  $V$ ) για σύγκριση μέ τίσ τιμές τών  $U_R, U_L$  καί  $U_C$ .

ιδ) Κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος 26.3β στό όποιο πρέπει νά άπεικονίζονται μέ κλίμακα ή ένταση  $I$  καί οι τάσεις  $U_R, U_L, U_C$ , ή διαφορά  $U_L - U_C$  καί ή  $U$  σά διανυσματικό άθροισμα τών  $U_R$  καί  $(U_L - U_C)$ . Για όμοιομορφία πάρτε τή διεύθυνση τής έντάσεως  $I$  όριζόντια καί μέ φορά προς τά δεξιά.

ιε) Σημειώστε στόν Πίνακα 26.4.2 καί στή θέση  $U_{(\text{διαγρ.})}$  τήν τιμή τῆς  $U$  (σέ βόλτ) πού προκύπτει ἀπό τό διάγραμμα τοῦ σχήματος 26.3β καί ἐλέγξτε ἂν προσεγγίζει ἱκανοποιητικά τήν τιμή τῆς  $U$  τοῦ ἴδιου πίνακα.

ιστ) Μετρήστε μέ τό μοιρογνωμόνιο τή γωνία  $\phi$  μεταξύ τάσεως  $U$  καί ἐντάσεως  $I$ , σημειώστε τή στή θέση  $\Phi_{(\text{διαγρ.})}$  τοῦ Πίνακα 26.4.1 καί συγκρίνετέ τήν μέ τήν τιμή τῆς γωνίας  $\phi$  τοῦ ἴδιου πίνακα.

ιζ) Ἐνοῖξτε τό διακόπτη  $\delta$ , ἀποσυνδέστε τόν πυκνωτή  $C_1$  καί συνδέστε τόν  $C_2$  ἀνάμεσα στά σημεῖα  $H, \Theta$ .

ιη) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες  $\gamma$  ὡς καί ιστ γιά τήν περίπτωση τοῦ κυκλώματος σειρᾶς ( $R, L, C_2$ ). Συμπληρώστε κατάλληλα τούς Πίνακες 26.4.1 καί 26.4.2 (στή σειρά μέ  $a/a$  2) καί κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα τοῦ σχήματος 26.3γ.

ιθ) Ἐνοῖξτε τό διακόπτη  $\delta$ , ἀποσυνδέστε τόν πυκνωτή  $C_2$  καί συνδέστε τόν  $C_3$  ἀνάμεσα στά σημεῖα  $H, \Theta$ .

κ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες  $\gamma$  ὡς καί ιστ γιά τήν περίπτωση τοῦ κυκλώματος σειρᾶς ( $R, L, C_3$ ) πού βρίσκεται (περίπου) σέ συντονισμό. Συμπληρώστε κατάλληλα τούς Πίνακες 26.4.1 καί 26.4.2 (στή σειρά μέ  $a/a$  3), ἐπιβεβαιώστε τά ἀναφερόμενα στήν παράγραφο 26.2 γιά τό συντονισμό κυκλώματος μέ  $R, L, C$  σέ σειρά καί κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα τοῦ σχήματος 26.3δ.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΕΒΔΟΜΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

#### 27.1 Σκοπός.

- Ἡ μέτρηση μέ βαττόμετρο τῆς πραγματικῆς ἰσχύος ἐναλλασσόμενου ρεύματος στίς περιπτώσεις μονοφασικοῦ ὤμικοῦ, ἐπαγωγικοῦ καί χωρητικοῦ καταναλωτῆ.
- Ἡ μέτρηση μέ μετρητῆ ναρ τῆς ἄεργης ἰσχύος ἐναλλασσόμενου ρεύματος τῶν προηγουμένων καταναλωτῶν.
- Ὁ προσδιορισμός τῆς φαινομένης ἰσχύος τῶν προηγουμένων καταναλωτῶν.

#### 27.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Ὅταν ἕνας καταναλωτῆς τροφοδοτεῖται μέ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ἡ πραγματικὴ ἰσχύς  $P$  πού ἀπορροφᾷ δίνεται ἀπό τῆ σχέση:

$$P = U \cdot I \cdot \text{συνφ} \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ἐνεργός τιμὴ τῆς τάσεως στά ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $V$ ,  
 $I$  ἡ ἐνεργός τιμὴ τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τόν καταναλωτῆ,  
σέ  $A$  καί  
συνφ ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ.

Ἡ γωνία  $\phi$  ἐξαρτᾶται ἀπό τό πόσο ἐπαγωγικὴ ἢ χωρητικὴ φόρτιση παρουσιάζει ὁ καταναλωτῆς.

Ἡ φαινομένη ἰσχύς  $S$  ἐνός καταναλωτῆ, πού τροφοδοτεῖται μέ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ὑπολογίζεται ἀπό τῆ σχέση:

$$S = U \cdot I \quad \text{σέ βολταμπέρ (VA)} \quad (2)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ἐνεργός τιμὴ τῆς τάσεως στά ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $V$   
καί  
 $I$  ἡ ἐνεργός τιμὴ τοῦ ρεύματος πού περνᾷ ἀπό τόν καταναλωτῆ,  
σέ  $A$ .

Ἡ ἄεργη ἰσχύς  $Q$  τοῦ καταναλωτῆ ὑπολογίζεται μέ μία ἀπό τίς ἀκόλουθες σχέσεις:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (3) \quad \text{ἢ} \quad Q = P \cdot \epsilon \phi \phi \quad (4)$$

$$\text{ἢ} \quad Q = U \cdot I \cdot \eta \mu \phi \quad \text{σέ var} \quad (5)$$

Στίς σχέσεις αὐτές τά μεγέθη  $P$ ,  $S$ ,  $U$ ,  $I$ ,  $\phi$  καί οἱ μονάδες τους εἶναι ἴδια μέ τά προηγούμενα.

Τήν πραγματική ἰσχύ  $P$  τή μετροῦμε μέ τά βαττόμετρα καί τήν ἄεργη ἰσχύ  $Q$  μέ τούς μετρητές var. Τά βαττόμετρα ἔχουν στό ἔσωτερικό τους ἓνα πηνίο ἐντάσεως καί ἓνα πηνίο τάσεως. Οἱ μετρητές var στήν κατασκευή τους μοιάζουν μέ τά βαττόμετρα, μέ τή διαφορά ὅτι σέ σειρά μέ τό πηνίο τάσεως ἔχουν συνδεδεμένο στό ἔσωτερικό τους ἀκόμη ἓνα πηνίο  $L$ .

Ἀντίθετα, τή φαινομένη ἰσχύ  $S$  δέν τή μετροῦμε μέ εἰδικό ὄργανο ἀλλά τήν ὑπολογίζομε πολλαπλασιάζοντας τίς ἐνδείξεις ἑνός βολτομέτρου καί ἑνός ἀμπερομέτρου [σχέση (2)].

Ὄταν ὁ καταναλωτής ἔχει μόνο ὠμική ἀντίσταση (ὅπως π.χ. οἱ ἀντιστάσεις θερμάνσεως ἢ οἱ λυχνίες πυρακτώσεως), ἡ γωνία  $\phi$  μεταξύ τάσεως καί ἐντάσεως εἶναι  $0^\circ$ . Στήν περίπτωση αὐτή:

– Ἡ ἄεργη ἰσχύς τοῦ καταναλωτῆ εἶναι μηδέν. Δηλαδή:

$$Q = 0 \quad (6)$$

– Ἡ φαινομένη ἰσχύς ἰσοῦται μέ τήν πραγματική ἰσχύ. Δηλαδή:

$$S = P \quad (7)$$

– Ἡ πραγματική ἰσχύς ὑπολογίζεται ἀπό τίς σχέσεις:

$$P = U \cdot I \quad (8) \quad \text{ἢ} \quad P = I^2 \cdot R \quad (9) \quad \text{ἢ} \quad P = \frac{U^2}{R} \quad \text{σέ } W \quad (10)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ἐνεργός τιμή τῆς τάσεως στά ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $V$ ,  
 $I$  ἡ ἐνεργός τιμή τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τόν καταναλωτή, σέ  $A$  καί

$R$  ἡ ἀντίσταση τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $\Omega$ .

Ὄταν ὁ καταναλωτής ἔχει μόνο ἐπαγωγική ἀντίσταση (π.χ. πηνίο μέ ἀμελητέα ὠμική ἀντίσταση) ἢ μόνο χωρητική ἀντίσταση (π.χ. πυκνωτής χωρίς ἀπώλειες), ἡ γωνία  $\phi$  μεταξύ τάσεως καί ἐντάσεως εἶναι  $90^\circ$  καί ἰσχύουν τά ἑξῆς:

– Ἡ πραγματική ἰσχύς τοῦ καταναλωτῆ εἶναι μηδέν. Δηλαδή:

$$P = 0 \quad (11)$$

– Η φαινομένη ισχύς ισούται με την άεργη ισχύ. Δηλαδή:

$$S = Q \quad (12)$$

– Η άεργη ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = U \cdot I \quad \text{σέ var} \quad (13)$$

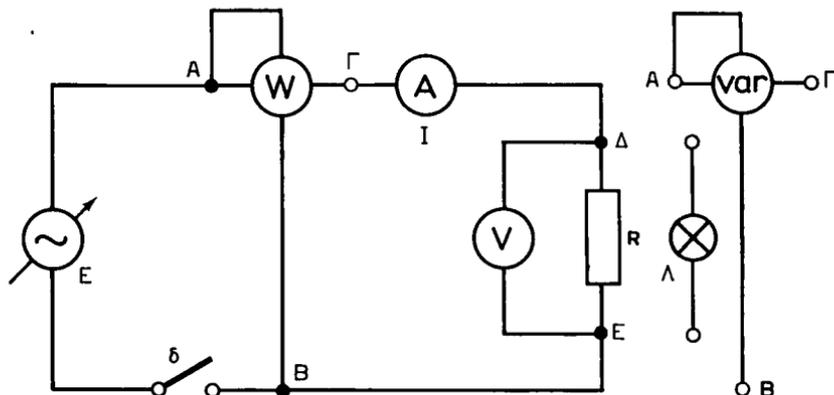
όπου τό  $U$  μετριέται σέ  $V$  καί τό  $I$  σέ  $A$ .

Σέ όλες τίς υπόλοιπες περιπτώσεις, δηλαδή γιά  $\phi$  μεταξύ  $0^\circ$  καί  $90^\circ$ , εφαρμόζονται οί γενικοί τύποι (1) ώς (5) πού είδαμε παραπάνω γιά τόν υπολογισμό τών  $P$ ,  $S$  καί  $Q$  αντίστοιχως.

Στήν άσκηση αúτη θά χρησιμοποιηθοúν άρχικά δύο καταναλωτές πού θά έχουν μόνο ώμική αντίσταση (μία αντίσταση  $R$  καί μία λυχνία πυρακτώσεως), θά μετρηθεί ή πραγματική καί ή άεργη ισχύς τους μέ τά αντίστοιχα όργανα μετρήσεως καί θά γίνει έπαλήθευση μέ τίς τιμές τών  $P$  καί  $Q$  πού θά προκύψουν υπολογιστικά. Στή συνέχεια θά έπαναληφθοúν τά παραπάνω γιά ένα πηγίο μέ εύθύγραμμο πυρήνα καί μέ πυρήνα σχήματος  $\Pi$ , ώστε νά αύξηθεί σημαντικά ή αύτεπαγωγή του, καί τέλος γιά έναν πυκνωτή, ό όποίος μέ μεγάλη προσέγγιση έμφανίζει μόνο χωρητική αντίσταση.

### 27.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί ύλικά. Διάγραμμα σχήματος 27.3δ.

Γιά τή συνδεσμολογία τοú σχήματος 27.3α.

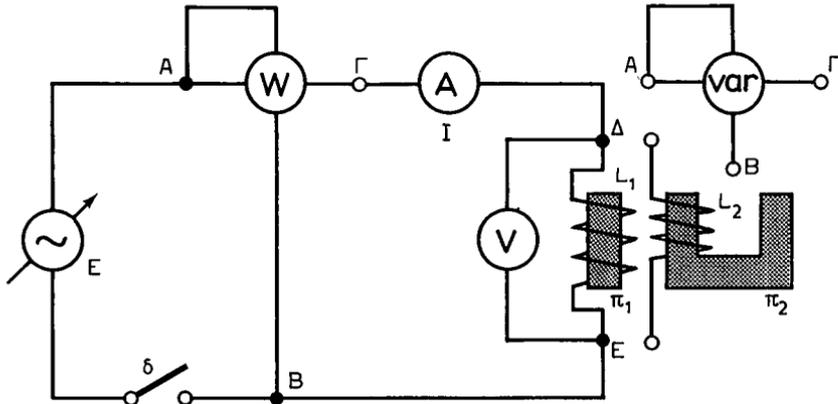


Σχ. 27.3α.

- Πηγή  $E = 0 \div 220 \text{ V A.C.}, f = 50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή αντίσταση  $R = 100 \Omega, 2,5 \text{ A}$ .

- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ , 220 V, 200 W.
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Βαττόμετρο  $0 \div 250$  V,  $0 \div 1000$  W.
- Μετρητής var  $0 \div 250$  V,  $0 \div 1000$  var.
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 27.3β.**



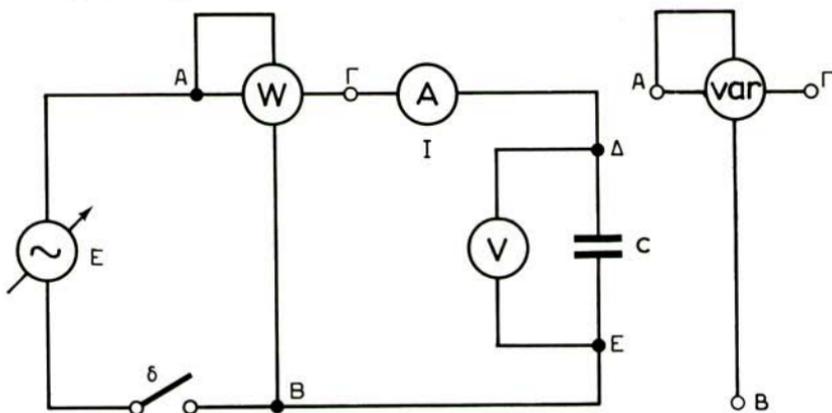
**Σχ. 27.3β.**

- Πηγή  $E = 0 \div 220$  V A.C.,  $f = 50$  Hz.
- Πηνίο με ευθύγραμμο πυρήνα  $\pi_1$ , αριθμό σπειρών  $N = 1200$  και με διατομή σύρματος κατάλληλη για εντάσεις ρεύματος μέχρι 4 A.
- Πυρήνας  $\pi_2$  σχήματος Π και ίδιας διατομής με τον πυρήνα  $\pi_1$ .
- Άμπερόμετρο  $0 \div 5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Βαττόμετρο  $0 \div 250$  V,  $0 \div 1250$  W.
- Μετρητής var  $0 \div 250$  V,  $0 \div 1250$  var.
- Διακόπτης  $\delta$ .

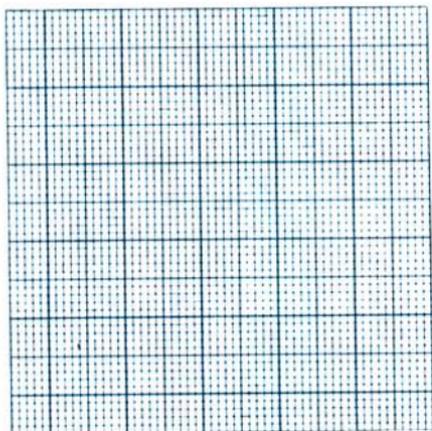
**Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 27.3γ.**

- Πηγή  $E = 0 \div 220$  V A.C.,  $f = 50$  Hz.
- Πυκνωτής με ονομαστική τάση τουλάχιστον 220 V και χωρητικότητα  $C = 20$   $\mu$ F.
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5$  A A.C.
- Βολτόμετρο  $0 \div 250$  V A.C.
- Βαττόμετρο  $0 \div 250$  V,  $0 \div 1000$  W.

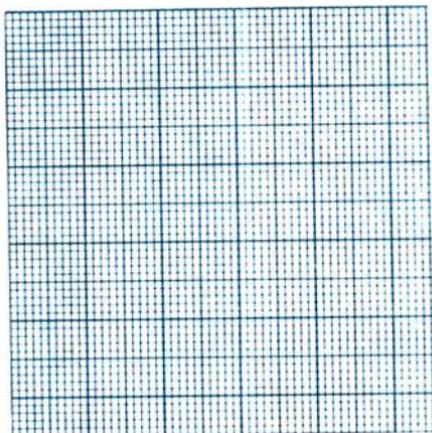
- Μετρητής var  $0 \div 250 \text{ V}$ ,  $0 \div 1000 \text{ var}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 27.3γ.



α



β

Σχ. 27.36.  
Τρίγωνο ισχύων.

## 27.4 Πορεία έργασίας.

### 27.4.1 Ίσχύς εναλλασσόμενου ρεύματος σε ωμικό καταναλωτή.

- Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 27.3α μέ άνοικτό τό διακόπτη  $\delta$ .
- Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$  καί μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τῆς τάσεως  $E$  τῆς πηγῆς ὥστε νά γίνει ἴση μέ  $220 \text{ V}$ .
- Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο  $V$  τήν τάση  $U$  στά άκρα τοῦ κατανα-

λωτή και με τό άμπερόμετρο A τήν ένταση I πού τόν διαρρέει και σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις τής σειράς μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 27.4.1.

δ) Μετρήστε μέ τό βαττόμετρο τήν πραγματική ισχύ P πού άπορροφά ό καταναλωτής και σημειώστε τήν τιμή της στόν Πίνακα 27.4.1. Άν ό δείκτης τοῦ όργάνου τείνει νά κινηθεί πρός τά άριστερά τοῦ μηδενός, αναστρέψτε τή σύνδεση τοῦ πηνίου τάσεως ή τοῦ πηνίου έντάσεώς του, ώστε ή ένδειξή του νά γίνει θετική.

ε) Ὑπολογίστε τό γινόμενο  $U \cdot I$  και σημειώστε το στόν Πίνακα 27.4.1. Συγκρίνετέ το μέ τήν ένδειξη P τοῦ βαττομέτρου και έπαληθεύσετε πειραματικά τή σχέση (8) τής παραγράφου 27.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 27.4.1.**  
**Ὡμικοί καταναλωτές.**

α/α	Είδος καταναλωτή	U (V)	I (A)		
1	Άντίσταση R				
2	Λυχνία Λ				
α/α	P (W)	$P = U \cdot I$ (W)	S (VA)	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ (var)	Q (var)
1					
2					

στ) Ὑπολογίστε και τή φαινομένη ισχύ S άπό τή σχέση (2) τής παραγράφου 27.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 27.4.1. Έπαληθεύσετε τή σχέση (7) τής ίδιας παραγράφου.

ζ) Ὑπολογίστε τήν άεργη ισχύ Q άπό τή σχέση (3) τής παραγράφου 27.2 και σημειώστε την στόν Πίνακα 27.4.1. Έπαληθεύσετε τή σχέση (6) τής ίδιας παραγράφου.

η) Άνοιξτε τό διακόπη δ, άποσυνδέστε τό βαττόμετρο, συνδέστε άνάμεσα στά σημεία A,B,Γ τό μετρητή var και κλείστε τό διακόπη δ.

θ) Μετρήστε τήν άεργη ισχύ Q (άπό τήν ένδειξη τοῦ μετρητή var), σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 27.4.1 και συγκρίνετέ την μέ τήν τιμή πού ύπολογίσατε στήν έργασία ζ.

ι) Άνοιξτε τό διακόπη δ και άντικαταστήστε τό μετρητή var μέ τό βαττόμετρο και τήν αντίσταση R μέ τή λυχνία πυρακτώσεως.

ια) Έπαναλάβετε τίς έργασίες β ώς και θ και συμπληρώστε κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 2 τοῦ Πίνακα 27.4.1.

### 27.4.2 Ίσχύς έναλλασσόμενου ρεύματος σέ επαγωγικό καταναλωτή.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 27.3β μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Κλείστε τό διακόπη δ καί μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τής τάσεως  $E$  τής πηγής ώστε νά γίνει ίση μέ 220 V.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο τήν τάση  $U$  στά άκρα του πηνίου μέ τόν ευθύγραμμο πυρήνα  $\pi_1$  καί μέ τό άμπερόμετρο τήν ένταση  $I$  πού τό διαρρέει καί σημειώστε τίσ τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις τής σειράς μέ α/α 1 του Πίνακα 27.4.2.

δ) Μετρήστε μέ τό βαττόμετρο τήν πραγματική ισχύ  $P$  πού άπορροφά τό πηνίο καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 27.4.2. "Αν ό δείκτης του βαττομέτρου τείνει νά κινηθεί πρός τά άριστερά του μηδενός, αναστρέψτε τή σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεώς του, ώστε ή ένδειξη του νά γίνει θετική.

ε) Ύπολογίστε τή φαινομένη ισχύ  $S$  του πηνίου από τή σχέση (2) τής παραγράφου 27.2 καί σημειώστε την στον Πίνακα 27.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 27.4.2.**  
**Έπαγωγικοί καταναλωτές.**

α/α	Είδος καταναλωτή	U (V)		I (A)
1	Πηνίο μέ ευθύ πυρήνα			
2	Πηνίο μέ πυρήνα σχήματος Π			
α/α	P (W)	S (VA)	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ (var)	Q (var)
1				
2				

στ) Ύπολογίστε τήν άεργη ισχύ  $Q$  πού άπορροφά τό πηνίο από τή σχέση (3) τής παραγράφου 27.2 καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του ίδιου πίνακα.

ζ) Άνοιξτε τό διακόπη δ, άποσυνδέστε τό βαττόμετρο, συνδέστε άνάμεσα στά σημεία Α, Β, Γ τό μετρητή var καί κλείστε τό διακόπη δ.

η) Μετρήστε τήν άεργη ισχύ  $Q$  μέ τό μετρητή var, σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 27.4.2 καί συγκρίνετέ την μέ τήν τιμή πού ύπολογίσατε στήν έργασία στ.

θ) Άνοιξτε τό διακόπη δ, αντικαταστήστε τό μετρητή var μέ τό βαττόμετρο, βγάλτε τόν ευθύγραμμο πυρήνα  $\pi_1$  από τό πηνίο καί βάλτε σ'

αυτό τόν πυρήνα  $p_2$  (σχήματος Π).

ι) Έπαναλάβετε τις εργασίες β ως και η και συμπληρώστε κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 2 του Πίνακα 27.4.2.

ια) Σχεδιάστε μέ κλίμακα στά διαγράμματα (α) και (β) του σχήματος 27.3δ τό τρίγωνο τών ισχύων όταν ως καταναλωτής χρησιμοποιείται τό πηνίο μέ εϋθύγραμμο πυρήνα  $p_1$  και τό πηνίο μέ πυρήνα  $p_2$  (σχήματος Π) αντίστοιχα.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 27.4.3.

*Χωρητικός καταναλωτής C.*

U(V)	I(A)	P(W)	S(VA)	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ (var)	Q(var)	$Q = U \cdot I$ (var)

### 27.4.3 Ίσχύς εναλλασσόμενου ρεύματος σέ χωρητικό καταναλωτή.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 27.3γ μέ ανοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ και μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τής τάσεως E τής πηγής ώστε νά γίνει ίση μέ 220 V.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο τήν τάση U στά άκρα του πυκνωτή και μέ τό άμπερόμετρο τήν ένταση I πού τόν διαρρέει και σημειώστε τής τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 27.4.3.

δ) Μετρήστε μέ τό βαττόμετρο τήν πραγματική ισχύ P πού άπορροφά ο πυκνωτής και σημειώστε την στον Πίνακα 27.4.3. "Αν ο δείκτης του όργάνου τείνει νά κινηθεί προς τά άριστερά του μηδενός, αναστρέψτε τή σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεώς του, ώστε ή ένδειξη του νά γίνει θετική. Έπαληθεύσετε τή σχέση (11) τής παραγράφου 27.2.

ε) Υπολογίστε τή φαινομένη ισχύ S του πυκνωτή [σχέση (2) τής παραγράφου 27.2] και σημειώστε την στον Πίνακα 27.4.3.

στ) Υπολογίστε τήν άεργη ισχύ Q του πυκνωτή άπό τή σχέση (3) τής παραγράφου 27.2 και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 27.4.3. Έπαληθεύσετε τή σχέση (12) τής ίδιας παραγράφου.

ζ) Άνοιξτε τό διακόπτη δ, άποσυνδέστε τό βαττόμετρο, συνδέστε άνάμεσα στά σημεία Α, Β, Γ τό μετρητή var και κλείστε τό διακόπτη δ.

η) Μετρήστε τήν άεργη ισχύ Q του πυκνωτή μέ τό μετρητή var, σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 27.4.3 και συγκρίνετέ την μέ τήν τιμή πού υπολογίσατε στην εργασία στ.

θ) Υπολογίστε τήν τιμή του γινομένου U.I, σημειώστε τη στον Πίνακα 27.4.3 και συγκρίνετέ τη μέ τήν άεργη ισχύ Q έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τή σχέση (13) τής παραγράφου 27.2.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΟΓΔΟΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

#### 28.1 Σκοπός.

- Ό προσδιορισμός του συντελεστή ισχύος μονοφασικού ώμικου, επαγωγικού και χωρητικού καταναλωτή με χρήση βολτομέτρου, άμπερομέτρου και βαττομέτρου.
- Η μέτρηση του συντελεστή ισχύος των παραπάνω καταναλωτών με ειδικό όργανο μετρήσεως του συντελεστή ισχύος και ή έπαλή-θευση των άποτελεσμάτων που προέκυψαν από τον παραπάνω προσδιορισμό.
- Ό ύπολογισμός της βαπτικής και της άεργης συνιστώσας του ρεύματος.
- Η μέτρηση της συχνότητας έναλλασσόμενου ρεύματος με συχνόμετρο.

#### 28.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Η πραγματική ισχύς  $P$  που άπορροφά ένας καταναλωτής, ό όποιος τροφοδοτείται με έναλλασσόμενο ρεύμα, δίνεται από την άκόλουθη σχέση:

$$P = U \cdot I \cdot \text{συν}\phi \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

όπου:  $U$  ή ένεργός τιμή της τάσεως στα άκρα του καταναλωτή, σέ  $V$ ,  
 $I$  ή ένεργός τιμή του ρεύματος που διαρρέει τον καταναλωτή,  
σέ  $A$  και

συν $\phi$  ό συντελεστής ισχύος του καταναλωτή.

Η γωνία  $\phi$  έξαρτάται από τό πόσο επαγωγική ή χωρητική φόρτιση παρουσιάζει ό καταναλωτής. Όταν ή φόρτιση είναι καθαρά ώμική, είναι  $\phi = 0^\circ$  και συνεπώς  $\text{συν}\phi = 1$ .

Άπό τή προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι:

$$\text{συν}\phi = \frac{P}{U \cdot I} \quad (2)$$

στήν όποία οί μονάδες τών διαφόρων μεγεθών είναι οί ίδιες μέ τίς παραπάνω.

Η ένεργός τιμή  $I$  τοῦ ρεύματος πού περνά από τόν καταναλωτή, αναλύεται σέ δύο συνιστώσες: τήν ένεργό ή βαπτική συνιστώσα  $I_w$  τοῦ ρεύματος πού είναι σέ φάση μέ τήν τάση  $U$  πού εφαρμόζεται μεταξύ τών άκρων τοῦ καταναλωτή, καί τήν άεργη συνιστώσα  $I_b$  τοῦ ρεύματος πού βρίσκεται σέ προπορεία ή έπιπορεία  $90^\circ$  πρὸς τήν  $U$ .

Άποδεικνύεται ότι ισχύουν οί σχέσεις:

$$I_w = I \cdot \text{συν}\phi \quad (3)$$

καί

$$I_b = I \cdot \eta\mu\phi \quad (4)$$

στίς όποίες ή μονάδα τών  $I, I_w, I_b$  είναι τό  $A$ .

Άπό τίς σχέσεις (1) καί (3) προκύπτει ή άκόλουθη σχέση γιά τήν πραγματική ισχύ  $P$  πού άπορροφά ό καταναλωτής:

$$P = U \cdot I_w \quad \text{σέ } W \quad (5)$$

όπου:  $U$  ή ένεργός τιμή τής τάσεως στά άκρα τοῦ καταναλωτή, σέ  $V$  καί

$I_w$  ή ένεργός τιμή τής βαπτικής συνιστώσας τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τόν καταναλωτή, σέ  $A$ .

Άποδεικνύεται ότι ή άεργη ισχύς  $Q$  πού άπορροφά ό καταναλωτής προκύπτει καί από τήν άκόλουθη σχέση:

$$Q = U \cdot I_b \quad \text{σέ var} \quad (6)$$

όπου:  $U$  ή ένεργός τιμή τής τάσεως στά άκρα τοῦ καταναλωτή, σέ  $V$  καί

$I_b$  ή ένεργός τιμή τής άεργης συνιστώσας τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τόν καταναλωτή, σέ  $A$ .

Ο συντελεστής ισχύος ενός καταναλωτή μπορεί νά μετρηθεί καί άπευθείας μέ ένα είδικό όργανο μετρήσεως τοῦ συντελεστή ισχύος. Τά όργανα αυτά έχουν δύο πηνία τάσεως πού σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία  $90^\circ$  (όργανα μέ σταυρωτά πηνία) καί ανήκουν στήν κατηγορία τών ηλεκτροδυναμικών οργάνων μετρήσεως. Στή μέση τής κλίμακάς τους έχουν τήν ένδειξη 1 (συνφ = 1) πού αντιστοιχεί σέ ώμικό καταναλωτή. Άριστερά καί δεξιά από τήν ένδειξη 1 υπάρχουν οί συντελεστές

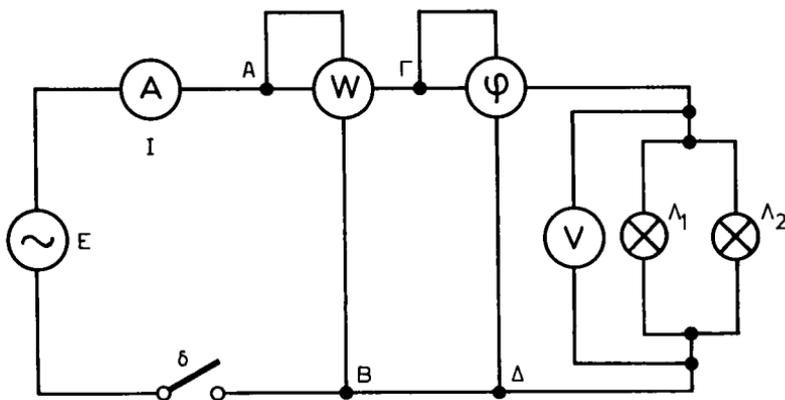
ισχύος πού αντίστοιχούν σέ καταναλωτές μέ έπαγωγική ή χωρητική φόρτιση.

Γιά τή μέτρηση τής συχνότητας του έναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα, τά συχνόμετρα. Τά συχνόμετρα αποτελούνται από έναν ήλεκτρομαγνήτη, μπροστά από τον όποιο υπάρχει μία σειρά από χαλύβδινα έλάσματα μέ διαφορετική συχνότητα μηχανικής ταλαντώσεως τό καθένα. Από τό τύλιγμα του ήλεκτρομαγνήτη περνά τό έναλλασσόμενο ρεύμα καί στήν κλίμακα του όργάνου διαβάζομε τή συχνότητά του πού αντίστοιχεί στό έλασμα πού πάλλεται περισσότερο. Τά συχνόμετρα, όπως καί τά βολτόμετρα, συνδέονται παράλληλα πρός τον καταναλωτή.

Στήν άσκηση αύτή θά προσδιορίσομε άρχικά τό συντελεστή ισχύος ενός ώμικου, ενός έπαγωγικου καί ενός χωρητικου καταναλωτή μέ τή βοήθεια βολτομέτρου, άμπερομέτρου καί βαττομέτρου. Όστερα θά μετρηθεί ο συντελεστής ισχύος των καταναλωτών αυτών μέ τό όργανο μετρήσεως του συντελεστή ισχύος καί θά συγκριθούν τά άποτελέσματα. Στή συνέχεια θά υπολογισθεϊ ή βαττική καί ή άεργη συνιστώσα του ρεύματος στις παραπάνω περιπτώσεις καί θά κατασκευασθούν τά αντίστοιχα διανυσματικά διαγράμματα. Επίσης θά υπολογισθούν ή πραγματική καί ή άεργη ισχύς πού άπορροφούν οι καταναλωτές, μέ βάση τις τιμές των συνιστωσών του ρεύματος. Τέλος θά γίνει μέτρηση τής συχνότητας του έναλλασσόμενου ρεύματος μέ συχνόμετρο.

### 28.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί υλικά. Διαγράμματα (σχ. 28.3ε ως 28.3η).

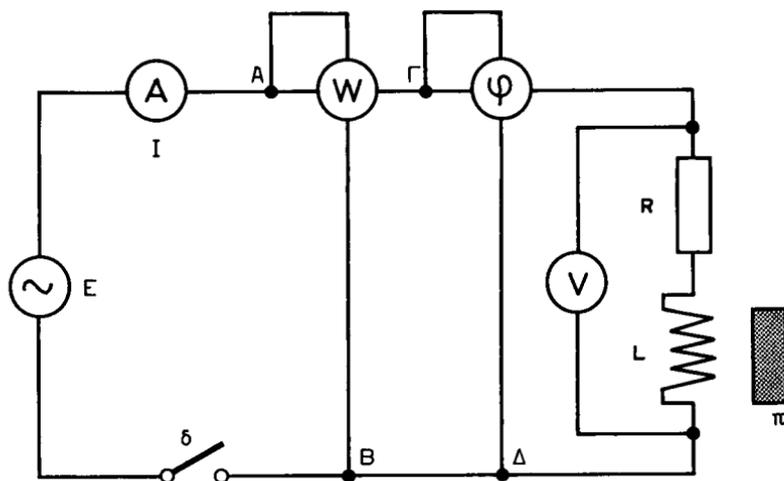
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 28.3α.



Σχ. 28.3α.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1: 220 \text{ V}, 200 \text{ W}$ ,  
 $\Lambda_2: 220 \text{ V}, 200 \text{ W}$ .
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A A.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V A.C.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V}, 0 \div 1000 \text{ W}$ .
- Όργανο μετρήσεως συντελεστή ισχύος  $0,5 - 1 - 0,5$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

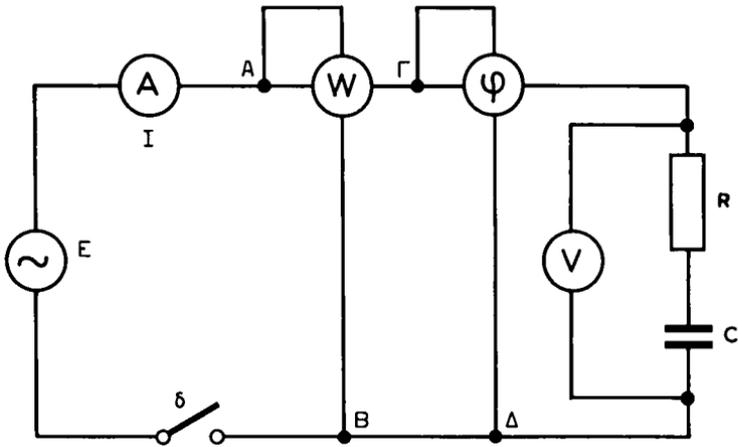
**Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 28.3β.**



**Σχ. 28.3β.**

- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή αντίσταση  $R = 80 \Omega, 2,5 \text{ A}$ .
- Πηνίο  $L$  με  $N = 1200$  σπείρες (στο όποιο μπορεί να τοποθετείται πυρήνας  $\pi$ ) με διατομή σύρματος κατάλληλη για έντασεις ρεύματος μέχρι  $3 \text{ A}$ .
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A A.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V A.C.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V}, 0 \div 1000 \text{ W}$ .
- Όργανο μετρήσεως συντελεστή ισχύος  $0,5 - 1 - 0,5$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

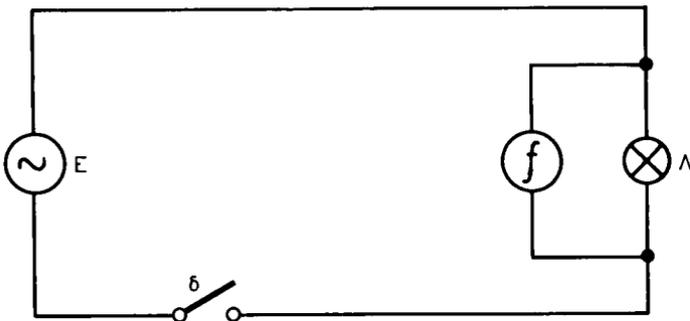
Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 28.3γ.



Σχ. 28.3γ.

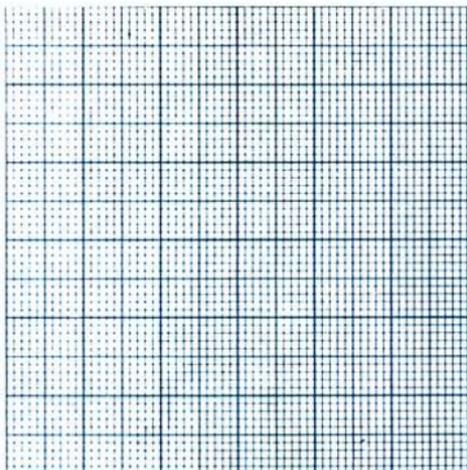
- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή αντίσταση  $R = 130 \Omega$ ,  $2 \text{ A}$ .
- Πυκνωτής με όνομαστική τάση τουλάχιστον  $220 \text{ V}$  καί χωρητικότητα  $C = 30 \mu\text{F}$ .
- Άμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A A.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V A.C.}$
- Βατόμετρο  $0 \div 250 \text{ V}$ ,  $0 \div 1000 \text{ W}$ .
- Όργανο μετρήσεως συντελεστή Ισχύος  $0,5 - 1 - 0,5$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 28.3δ.



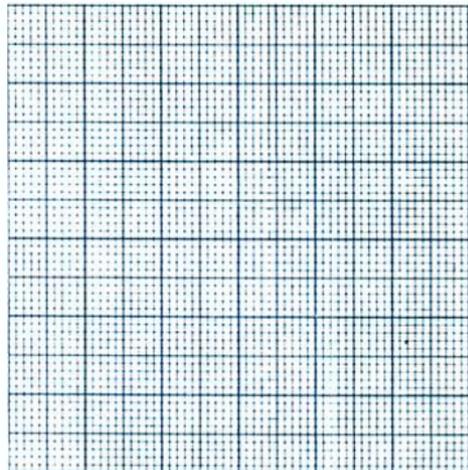
Σχ. 28.3δ.

- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C.}$
- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ ,  $220 \text{ V}$ ,  $200 \text{ W}$ .
- Συχνόμετρο περιοχής μετρήσεως  $45 \div 55 \text{ Hz}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .



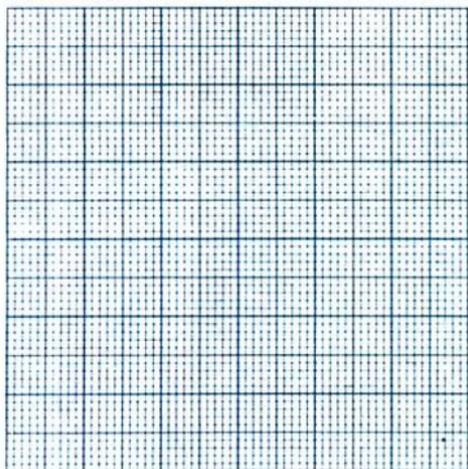
Σχ. 28.3ε.

Διανυσματικό διάγραμμα (ώμική φόρτιση).



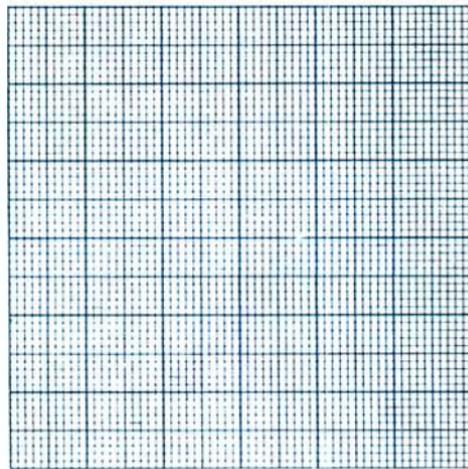
Σχ. 28.3στ.

Διανυσματικό διάγραμμα (έπαγωγική φόρτιση).



Σχ. 28.3ζ.

Διανυσματικό διάγραμμα (έπαγωγική φόρτιση).



Σχ. 28.3η.

Διανυσματικό διάγραμμα (χωρητική φόρτιση).

## 28.4 Πορεία έργασίας.

### 28.4.1 Συντελεστής ισχύος ώμικοῦ καταναλωτῆ.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.3α μέ άνοικτό τό διακόπητ δ.

β) Κλείστε τό διακόπητ δ.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο V τήν τάση U στά άκρα τῶν λυχνιῶν πυρακτώσεως καί μέ τό άμπερόμετρο A τήν όλική ένταση I καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις τῆς σειρᾶς μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 28.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 28.4.1.**  
**Συντελεστής ισχύος.**

α/α	Είδος καταναλωτῆ	U (V)	I (A)	P (W)
1	Λυχνίες			
2	L χωρίς πυρ.			
3	L μέ πυρ.			
4	R καί C			
α/α	συνφ	συνφ <sub>(όργ)</sub>	φ (°)	ημφ
1				
2				
3				
4				

δ) Μετρήστε μέ τό βαττόμετρο τήν πραγματική ισχύ P πού άπορροφά ό καταναλωτῆς καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 28.4.1. "Αν ό δείκτης τοῦ όργάνου τείνει νά κινηθεί πρός τά άριστερά τοῦ μηδένος, άναστρέψτε τή σύνδεση τοῦ πηνίου τάσεως ἤ τοῦ πηνίου έντάσεώς του, ὥστε ἡ ένδειξή του νά γίνει θετική.

ε) Ὑπολογίστε τό συντελεστή ισχύος τοῦ καταναλωτῆ (συνφ) άπό τή σχέση (2) τῆς παραγράφου 28.2 καί σημειώστε τήν τιμή του στήν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 28.4.1.

στ) Μετρήστε άπευθείας μέ τό όργανο μετρήσεως τοῦ συντελεστή ισχύος τήν τιμή τοῦ συνφ καί σημειώστε την στή στήλη συνφ<sub>(όργ)</sub> τοῦ

Πίνακα 28.4.1. Συγκρίνετε τήν τιμή αυτή μέ εκείνη πού ύπολογίσατε στην έργασία ε.

ζ) Μέ βάση τήν τιμή του συνφ πού προέκυψε μέ ύπολογισμό, βρείτε (άπό πίνακες ή μέ άλλο τρόπο) τήν τιμή τής γωνίας φ μεταξύ τάσεως U καί έντάσεως I καί έπειτα τό ήμίτονο τής γωνίας αυτής (ημφ) καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 28.4.1.

η) Ύπολογίστε τή βαττική συνιστώσα  $I_w$  καί τήν άεργη συνιστώσα  $I_b$  του ρεύματος άπό τίς σχέσεις (3) καί (4) τής παραγράφου 28.2 καί σημειώστε τίς στίς αντίστοιχες θέσεις μέ α/α 1 του Πίνακα 28.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 28.4.2.**  
**Συνιστώσες του ρεύματος.**

a/a	$I_w$ (A)	$I_b$ (A)	$U \cdot I_w$ (W)	$U \cdot I_b$ (var)
1				
2				
3				
4				

θ) Ύπολογίστε τήν πραγματική ισχύ P πού άπορροφά ό καταναλωτής άπό τή σχέση (5) τής παραγράφου 28.2, σημειώστε την στον Πίνακα 28.4.2 καί συγκρίνετέ την μέ τήν τιμή τής P πού προέκυψε άπό τήν ένδειξη του βαττομέτρου.

ι) Ύπολογίστε τήν άεργη ισχύ Q πού άπορροφά ό καταναλωτής άπό τή σχέση (6) τής παραγράφου 28.2 καί σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 28.4.2.

ια) Κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος 28.3ε στο όποιο πρέπει νά άπεικονίζονται μέ κλίμακα ή τάση U, ή ένταση I καί οί δύο συνιστώσες  $I_w$ ,  $I_b$  τής έντάσεως.

### **28.4.2 Συντελεστής ισχύος έπαγωγικού καταναλωτή.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 28.3β μέ τόν πυρήνα π έξω άπό τό πηνίο καί μέ άνοικτό τό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Έπαναλάβετε τίς έργασίες γ ώς καί ια τής παραγράφου 28.4.1 συμπληρώνοντας κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 2 των Πινάκων 28.4.1 καί 28.4.2 καί κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος 28.3στ.

δ) Τοποθετήστε σιγά-σιγά τόν πυρήνα π στο πηνίο, επαναλάβετε τις εργασίες γ ως και ια της παραγράφου 28.4.1. συμπληρώνοντας κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 3 τών Πινάκων 28.4.1 και 28.4.2 και κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος 28.3ζ.

### 28.4.3 Συντελεστής Ισχύος χωρητικού καταναλωτή.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 28.3γ μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

β) Κλείστε τό διακόπη δ.

γ) Έκτελέστε τις εργασίες γ ως και ια της παραγράφου 28.4.1, συμπληρώστε κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 4 τών Πινάκων 28.4.1 και 28.4.2 και κατασκευάστε τό διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος 28.3η.

### 28.4.4 Μέτρηση συχνότητας.

α) Έξετάστε τό συχνόμετρο του εργαστηρίου και σημειώστε τά στοιχεία του (περιοχή μετρήσεως, μέγιστη τάση λειτουργίας, τάση δοκιμής) στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 28.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 28.4.3.**  
**Μέτρηση συχνότητας.**

Περιοχή μετρήσεως (Hz)	U (V)	U <sub>δοκιμ</sub> (kV)	f (Hz)

β) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 28.3δ μέ άνοικτό τό διακόπη δ.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ.

δ) Μετρήστε μέ τό συχνόμετρο τή συχνότητα f του έναλλασσόμενου ρεύματος και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 28.4.3.

## ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΕΝΑΤΗ

### ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

#### 29.1 Σκοπός.

Ἡ πειραματική ἐπιβεβαίωση ὅτι μέ τήν παράλληλη σύνδεση πυκνωτῶν πρὸς ἓναν ἐπαγωγικό καταναλωτή βελτιώνεται, δηλαδή αὐξάνεται, ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ καί ἀντισταθμίζεται, μερικά ἢ ὀλίκα, ἡ ἐπαγωγική ἄεργη ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ.

#### 29.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Πολλοί ἀπό τούς καταναλωτές, ὅπως οἱ κινητῆρες, οἱ μετασχηματιστές, οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ μέ τά πηνία πού τούς συνοδεύουν κλπ. ἐμφανίζουν ἐπαγωγική φόρτιση. Συμπεριφέρονται δηλαδή πρὸς τό δίκτυο πού τούς τροφοδοτεῖ ὅπως ἓνα πηνίο μέ συντελεστή αὐτεπαγωγῆς  $L$  συνδεδεμένο σέ σειρά μέ μία ὠμική ἀντίσταση  $R$ .

Ἡ γωνία τῆς διαφορᾶς φάσεως  $\phi$  μεταξύ τῆς τάσεως  $U$  πού ἐφαρμόζεται στά ἄκρα τοῦ καταναλωτῆ καί τῆς ἐντάσεως  $I$  πού τόν διαρρέει, βρίσκεται, ἀπό πίνακες ἢ μέ ἄλλο τρόπο, ἀφοῦ πρῶτα ὑπολογίσουμε τό συνημίτονο τῆς γωνίας αὐτῆς, δηλαδή τό συντελεστή ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ, ἀπό τή σχέση:

$$\text{συν}\phi = \frac{P}{S} \quad (1)$$

ὅπου:  $P$  ἡ πραγματική ἰσχύς πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής, σέ  $W$  καί  $S$  ἡ φαινομένη ἰσχύς πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής, σέ  $VA$ .

Ἡ φαινομένη ἰσχύς συνδέεται μέ τήν τάση  $U$  καί τήν ἔνταση  $I$  μέ τή σχέση:

$$S = U \cdot I \quad (2)$$

στήν ὁποία τό  $S$  προκύπτει σέ  $VA$ , ὅταν τό  $U$  δίνεται σέ  $V$  καί τό  $I$  σέ  $A$ .

Ἀπό τίς δύο παραπάνω σχέσεις προκύπτει ὅτι:

$$\text{συν}\phi = \frac{P}{U \cdot I} \quad (3)$$

στήν οποία οι μονάδες των διαφόρων μεγεθών είναι ίδιες με τις προηγούμενες.

Ἡ ἄεργη ἰσχύς  $Q$  πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής συνδέεται μέ τήν πραγματική ἰσχύ  $P$  καί τή φαινομένη ἰσχύ  $S$  μέ τίς σχέσεις:

$$Q = P \cdot \epsilon\phi\phi \quad (4)$$

$$\text{ἢ} \quad Q = S \cdot \eta\mu\phi \quad (5)$$

$$\text{ἢ} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (6)$$

στis ὁποῖες ἡ  $Q$  προκύπτει σέ var, ὅταν ἡ  $P$  εἶναι σέ W καί ἡ  $S$  σέ VA.

Γιά ὀρισμένη τιμή τῆς πραγματικῆς ἰσχύος  $P$  τοῦ καταναλωτῆ, ἡ ἔνταση πού ἀπορροφᾷ αὐτός ἀπό τό δίκτυο εἶναι τόσο μεγαλύτερη ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ διαφορά φάσεως  $\phi$  μεταξύ  $U$  καί  $I$ , δηλαδή ὅσο πιο μικρός εἶναι ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ (συνφ).

Γιά τή βελτίωση (αὔξηση) τοῦ συντελεστῆ ἰσχύος ἑνός ἐπαγωγικοῦ καταναλωτῆ συνδέομε ἕναν ἢ περισσότερους πυκνωτές παράλληλα πρὸς αὐτόν. Οἱ πυκνωτές ἐμφανίζουν ἀντίθετη συμπεριφορά ἀπό τούς ἐπαγωγικούς καταναλωτές καί ἔτσι δίνουν ἕνα μέρος ἢ καί τό σύνολο τῆς ἄεργης ἰσχύος πού πρέπει νά ἀπορροφήσει ὁ ἐπαγωγικός καταναλωτής. Μέ τόν τρόπο αὐτό μειώνεται ἢ καί μηδενίζεται ἡ ἄεργη ἰσχύς τοῦ δικτύου. Ταυτόχρονα μειώνεται ἡ φαινομένη ἰσχύς καί ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος τοῦ δικτύου (γιά τήν ἴδια πάντοτε πραγματική ἰσχύ  $P$ ). Ἡ διαδικασία αὐτή ὀνομάζεται ἀντιστάθμιση.

Ἡ ἄεργη ἰσχύς  $Q_1$ , τήν ὁποία δίνει στόν ἐπαγωγικό καταναλωτῆ ἕνας πυκνωτής μέ χωρητικότητα  $C_1$  συνδεμένος παράλληλα μέ αὐτόν, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$Q_1 = U^2 \cdot 2\pi f \cdot \frac{C_1}{10^6} \quad \text{σέ var} \quad (7)$$

ὅπου:  $U$  ἡ τάση τροφοδοτήσεως, σέ V,

$C_1$  ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ, σέ μικροφάραντ ( $\mu\text{F}$ ),

$f$  ἡ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, σέ Hz καί

$\pi = 3,14$ .

Κατά τήν παράλληλη σύνδεση δύο πυκνωτῶν  $C_1, C_2$  μεταξύ τους καί πρὸς τόν καταναλωτῆ, ἡ ἄεργη ἰσχύς  $Q_{1,2}$  πού δίνουν στόν καταναλωτῆ, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$Q_{1,2} = \frac{U^2 \cdot 2\pi f \cdot (C_1 + C_2)}{10^6} \quad \text{σέ var} \quad (8)$$

Στή σχέσηη αὐτή τά μεγέθη καί οἱ μονάδες τους εἶναι οἱ ἴδιες μέ τίς προηγούμενες.

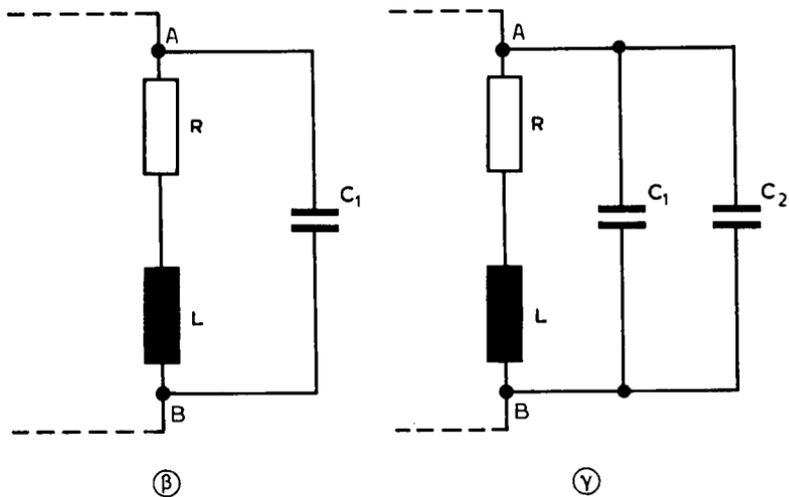
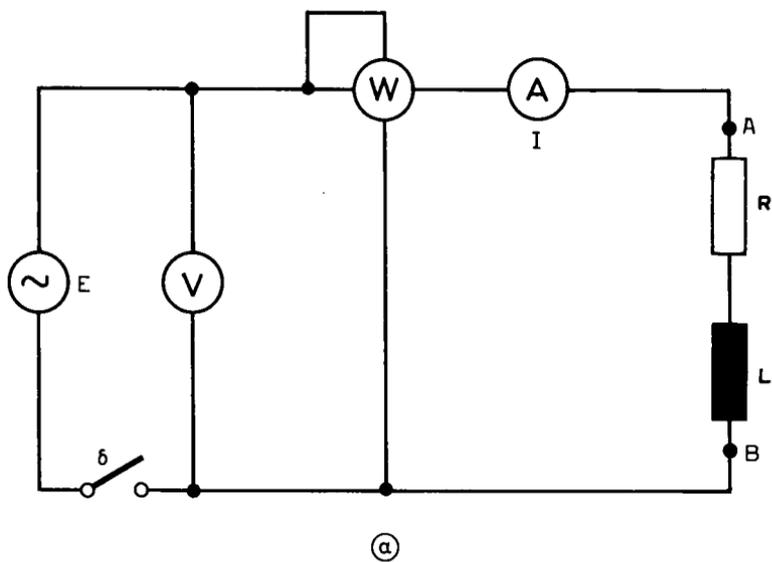
Στήν ἄσκηση αὐτή θά προσδιορίσουμε ἀρχικά τήν ἔνταση ρεύματος  $I$ , τήν πραγματική ἰσχύ  $P$ , τή φαινομένη ἰσχύ  $S$ , τό συντελεστή ἰσχύος συνφ καί τήν ἄεργη ἰσχύ  $Q$  πού ἀπορροφᾷ ἕνας ἐπαγωγικός καταναλωτής (χωρίς ἀντιστάθμιση) καί θά κατασκευάσουμε τό ἀντίστοιχο διάγραμμα ἰσχύων. Στή συνέχεια θά γίνῃ ἀντιστάθμιση σέ δύο βήματα. Πρῶτα μέ ἕναν πυκνωτή  $C_1$  συνδεμένο παράλληλα πρὸς τόν καταναλωτή καί ὕστερα μέ δύο πυκνωτές  $C_1, C_2$  συνδεμένους παράλληλα. Σέ καθεμίᾳ ἀπό τίς περιπτώσεις αὐτές θά προσδιορισθεῖ ἡ πραγματική, ἡ φαινομένη καί ἡ ἄεργη ἰσχύς πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής καθώς καί ἡ ἄεργη ἰσχύς πού δίνουν οἱ πυκνωτές καί οἱ νέες τιμές τοῦ συντελεστή ἰσχύος συνφ μετά τήν ἀντιστάθμιση. Τέλος θά γίνουν τά διαγράμματα ἰσχύος γιά τίς παραπάνω περιπτώσεις ἀντισταθμίσεως.

### 29.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 29.3α), ὄργανα καί ὕλικά. Διαγράμματα (σχ. 29.3β ὡς 29.3ε).

- Πηγή  $E = 220 \text{ V A.C.}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή ἀντίσταση  $R = 40 \ \Omega$ ,  $2 \text{ A}$ .
- Πηνίο μέ συντελεστή αὐτεπαγωγῆς  $L = 500 \text{ mH}$ , μέ μικρή κατά τό δυνατόν ὠμική ἀντίσταση καί μέ διατομή σύρματος κατάλληλη γιά ἐντάσεις ρεύματος μέχρι  $2 \text{ A}$ .
- Πυκνωτές μέ ὀνομαστική τάση τουλάχιστον  $220 \text{ V}$  μέ χωρητικότητες:  $C_1 = 10 \ \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 5 \ \mu\text{F}$ .
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V A.C.}$
- Ἀμπερόμετρο  $0 \div 2,5 \text{ A A.C.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V}$ ,  $0 \div 1000 \text{ W}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

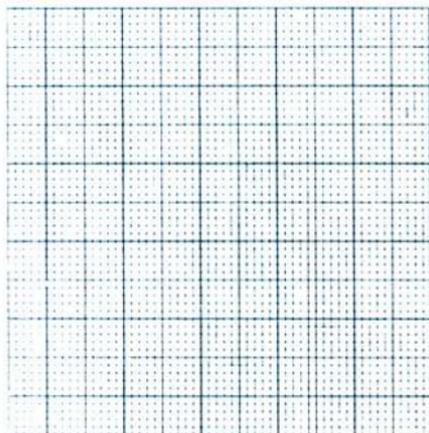
#### Σημείωση:

Ἄν τό ἐργαστήριο δέ διαθέτει πηνίο ἢ πυκνωτές μέ τίς παραπάνω τιμές αὐτεπαγωγῆς ἢ χωρητικότητας ἀντίστοιχα, εἶναι δυνατόν νά συνδεθοῦν κατάλληλα, σέ σειρά ἢ παράλληλα, ἄλλα πηνία ἢ πυκνωτές τοῦ ἐργαστηρίου, ὥστε νά προκύψουν οἱ ζητούμενες τιμές τῶν  $L, C$ .

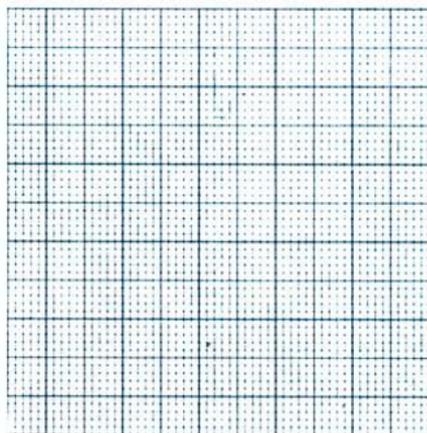


Σύνδεση των πυκνωτών  $C_1$  και  $C_2$  παράλληλα με τόν καταναλωτή.

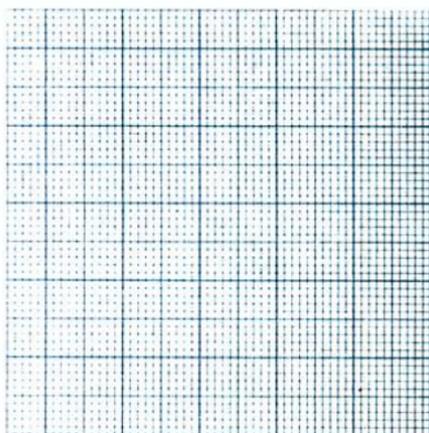
Σχ. 29.3α.



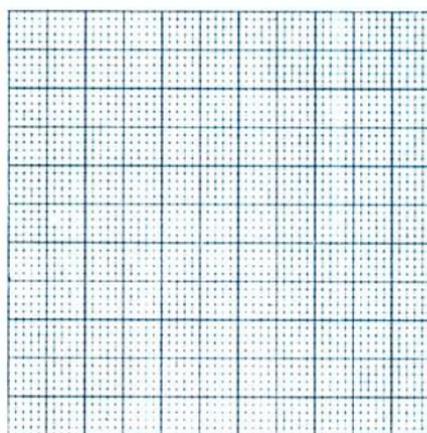
**Σχ. 29.3β.**  
Χωρίς αντίστάθμιση.



**Σχ. 29.3γ.**  
Αντίστάθμιση με τόν  $C_1$ .



**Σχ. 29.3δ.**  
Αντίστάθμιση με τούς  $C_1, C_2$ .



**Σχ. 29.3ε.**  
Συνένωση διαγραμμάτων τῶν  
σχημάτων 29.3β, 29.3γ καί 29.3δ.

## 29.4 Πορεία ἐργασίας.

### 29.4.1 Καταναλωτής χωρίς αντίστάθμιση.

- Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 29.3α(α) μέ ἀνοικτό τό διακόπη  $\delta$ .
- Κλείστε τό διακόπη  $\delta$ .
- Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο  $V$  τήν τάση  $U$  στά ἄκρα τοῦ κατανα-

λωτῆ (R,L) καί μέ τό ἀμπερόμετρο A τήν ἔνταση I πού διαρρέει τό κύκλωμα καί συμπληρώστε τίς ἀντίστοιχες θέσεις τῆς σειρᾶς μέ a/a 1 τοῦ Πίνακα 29.4.1.

δ) Μετρήστε μέ τό βατόμετρο τήν πραγματική ἰσχύ P πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής καί σημειώστε τήν τιμή της στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 29.4.1. Ἄν ὁ δείκτης τοῦ ὄργάνου τείνει νά κινηθεῖ πρὸς τὰ ἀριστερά τοῦ μηδενός, ἀναστρέψτε τή σύνδεση τοῦ πηνίου τάσεως ἢ τοῦ πηνίου ἐντάσεώς του, ὥστε ἡ ἔνδειξή του νά γίνει θετική.

ε) Ὑπολογίστε ἀπό τή σχέση (2) τῆς παραγράφου 29.2 τή φαινομένη ἰσχύ πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής καί σημειώστε τήν τιμή της στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 29.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 29.4.1.**

a/a	$C_1(\mu F)$	$C_2(\mu F)$	U(V)	I(A)	P(W)	S(VA)
1	—	—				
2		—				
3						
a/a	συνφ	$\phi(^{\circ})$	εφφ	Q(var)	$Q_{\text{πυκν.}}(\text{var})$	$\Delta Q(\text{var})$
1					—	—
2						
3						

στ) Ὑπολογίστε ἀπό τή σχέση (1) τῆς παραγράφου 29.2 τό συντελεστή ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 29.4.1.

ζ) Βρεῖτε, ἀπό πίνακες ἢ μέ ἄλλο τρόπο, τή γωνία  $\phi$  μεταξύ τάσεως U καί ἐντάσεως I καί στή συνέχεια τήν ἐφαπτομένη της (εφφ) καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 29.4.1.

η) Ὑπολογίστε μέ τή βοήθεια τῆς σχέσεως (4) τῆς παραγράφου 29.2 τήν ἄεργη ἰσχύ Q πού ἀπορροφᾷ ὁ καταναλωτής καί σημειώστε τήν στόν Πίνακα 29.4.1.

θ) Κατασκευάστε μέ κλίμακα στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 29.3β τό τρίγωνο τῶν ἰσχύων καί σημειώστε σ' αὐτό τά μεγέθη P,Q,S καθώς καί τή γωνία  $\phi$ .

### 29.4.2 Άντιστάθμιση με τον πυκνωτή $C_1$ .

α) Στο κύκλωμα της συνδεσμολογίας του σχήματος 29.3α(α) συνδέστε τον πυκνωτή  $C_1$  παράλληλα προς τον καταναλωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα 29.3α(β), με άνοικτό το διακόπη δ.

β) Σημειώστε την τιμή της χωρητικότητας  $C_1$  στην αντίστοιχη θέση της σειράς με α/α 2 του Πίνακα 29.4.1.

γ) Κλείστε το διακόπη δ.

δ) Μετρήστε με το βολτόμετρο  $V$  την τάση  $U$  ανάμεσα στα σημεία  $A, B$  και με το άμπερόμετρο  $A$  την ολική ένταση  $I$ . Σημειώστε τις τιμές των  $U$  και  $I$  στις αντίστοιχες θέσεις της σειράς με α/α 2 του Πίνακα 29.4.1 και συγκρίνετε τη νέα τιμή του  $I$  με αυτή που είχε πριν από την άντιστάθμιση. Η τάση  $U$  πρέπει να είναι ίση, ή περίπου ίση, με την τάση που μετρήθηκε στην παράγραφο 29.4.1 (καταναλωτής χωρίς άντιστάθμιση) για να μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων.

ε) Μετρήστε με το βαττόμετρο την πραγματική ισχύ  $P$  που απορροφά ο καταναλωτής και σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 29.4.1.

στ) Υπολογίστε από τη σχέση (2) της παραγράφου 29.2 τη φαινομένη ισχύ  $S$  που απορροφά ο καταναλωτής και σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 29.4.1.

ζ) Υπολογίστε από τη σχέση (1) της παραγράφου 29.2 τη νέα τιμή του συντελεστή ισχύος του καταναλωτή και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 29.4.1. Συγκρίνετε την τιμή αυτή με την τιμή του συνφ πριν από την άντιστάθμιση.

η) Υπολογίστε, από πίνακες ή με άλλο τρόπο, τη νέα τιμή της γωνίας  $\phi$  και στη συνέχεια την έφαπτομένη της ( $\epsilon\phi\phi$ ) και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 29.4.1.

θ) Υπολογίστε με τη βοήθεια της σχέσεως (4) της παραγράφου 29.2 την άεργη ισχύ  $Q$  που απορροφά από το δίκτυο ο καταναλωτής, τώρα που έγινε άντιστάθμιση με τον πυκνωτή  $C_1$ , και συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 29.4.1.

ι) Στη συνέχεια υπολογίστε από τη σχέση (7) της παραγράφου 29.2 την άεργη ισχύ  $Q_1$  που έδωσε ο πυκνωτής  $C_1$  και σημειώστε την στη στήλη  $Q_{\text{πυκν.}}$  του ίδιου πίνακα (πάντοτε στη σειρά με α/α 2).

ια) Βρείτε τη διαφορά  $\Delta Q$  μεταξύ της άεργης ισχύος  $Q$  όταν δέ γίνεται άντιστάθμιση [τιμή της παραγράφου 29.4.1(η)] και της άεργης ισχύος  $Q_1$  που έδωσε ο πυκνωτής [τιμή της παραγράφου 29.4.2(ι)] και σημειώστε την στην αντίστοιχη στήλη του Πίνακα 29.4.1. Συγκρίνετε τη διαφορά αυτή με τη νέα τιμή της  $Q$  [παράγρ. 29.4.2 (θ)].

ιβ) Κατασκευάστε με κλίμακα στο διάγραμμα του σχήματος 29.3γ το τρίγωνο των ισχύων στην περίπτωση της άντισταθμίσεως με τον πυ-

κνωτή  $C_1$  και σημειώστε σ' αυτό τὰ μεγέθη  $P, Q, S$  καθώς και τή γωνία  $\phi$ .

### 29.4.3 Άντιστάθμιση μέ τούς πυκνωτές $C_1$ και $C_2$ .

α) Στο κύκλωμα τῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 29.3α(α) συνδέστε τούς πυκνωτές  $C_1$  και  $C_2$  παράλληλα πρὸς τόν καταναλωτή, ὅπως φαίνεται στοῦ σχῆμα 29.3α(γ), μέ ἀνοικτό τό διακόπη  $\delta$ .

β) Σημειώστε τίς τιμές τῶν  $C_1, C_2$  στίς ἀντίστοιχες θέσεις τῆς σειρᾶς μέ α/α 3 τοῦ Πίνακα 29.4.1.

γ) Κλείστε τό διακόπη  $\delta$ .

δ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες  $\delta$  ὡς και  $\beta$  τῆς προηγούμενης παραγράφου 29.4.2, συμπληρώστε τή σειρά μέ α/α 3 τοῦ Πίνακα 29.4.1 και κατασκευάστε μέ κλίμακα τό διάγραμμα τοῦ σχήματος 29.3δ (ἡ ἄεργη ἰσχύς πού δίνουν οἱ πυκνωτές νά βρεθεῖ ἀπό τή σχέση (8) τῆς παραγράφου 29.2).

ε) Συγκεντρῶστε στοῦ διάγραμμα τοῦ σχήματος 29.3ε τὰ μεγέθη τῶν διαγραμμάτων τῶν σχημάτων 29.3β, 29.3γ και 29.3δ. Δηλαδή στοῦ διάγραμμα αὐτό νά ἐπαναληφθεῖ τό τρίγωνο ἰσχύων τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 29.3β και νά προστεθοῦν τὰ μεγέθη τῶν ἰσχύων ἀπό τὰ ἄλλα δύο διαγράμματα. Ἐπιβεβαιῶστε ἔτσι ὅτι ὅσο περισσότερη ἀντιστάθμιση γίνεται, τόσο μικραίνουν ἡ ἄεργη ἰσχύς  $Q$  και ἡ φαινομένη ἰσχύς  $S$  πού δίνει τό δίκτυο καθώς και ἡ γωνία  $\phi$ , γιά τήν ἴδια πάντοτε πραγματική ἰσχύ  $P$ .

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ

### ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

#### 30.1 Σκοπός.

- 'Η πειραματική μελέτη τής συνδέσεως σέ άστέρα ένός συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή καί ή επίδραση τής ύπάρξεως ή όχι ούδετέρου άγωγού στίς τιμές τών τάσεων καί έντάσεων.
- 'Η επανάληψη αυτών πού άναφέρονται παραπάνω στήν περίπτωση άσύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεμένου σέ άστέρα.

#### 30.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Τό τριφασικό ρεύμα πού παράγεται άπό τίς τριφασικές γεννήτριες (τριφασικούς έναλλακτήρες), άποτελείται άπό τρία έναλλασσόμενα ρεύματα τής ίδιας συχνότητας καί τής ίδιας τάσεως μέ διαφορά φάσεως 120° μεταξύ τους (άνά δύο).

Στήν περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή (π.χ. τριών ίδιων ώμικών άντιστάσεων, τριών όμοιων πηνίων κλπ.) συνδεμένου σέ άστέρα (σύμβολο Υ), πού τροφοδοτείται άπό τριφασικό δίκτυο μέ 4 άγωγούς (σχήμα 30.3α), ίσχύουν τά άκόλουθα μεταξύ τών τάσεων καί τών έντάσεων:

α) Όλες οί έντάσεις γραμμής καί όλες οί φασικές έντάσεις είναι μεταξύ τους ίσες:

$$I_R = I_S = I_T = I_{\phi_1} = I_{\phi_2} = I_{\phi_3} \quad (1)$$

όπου:  $I_R, I_S, I_T$  είναι οί έντάσεις γραμμής καί

$I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  είναι οί φασικές έντάσεις.

β) 'Η ένταση ρεύματος πού περνά άπό τόν ούδέτερο ίσοϋται μέ μηδέν:

$$I_N = 0 \quad (2)$$

γ) Οί φασικές τάσεις πού εφαρμόζονται στίς τρεις φάσεις του καταναλωτή είναι μεταξύ τους ίσες:

$$U_{\phi_1} = U_{\phi_2} = U_{\phi_3} \quad (3)$$

δ) Οι πολικές τάσεις  $U$  που εφαρμόζονται στον καταναλωτή (δηλαδή οι τάσεις μεταξύ των άγωγων φάσεως) είναι ίσες μεταξύ τους και ισχύουν οι σχέσεις:

$$U = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \quad \text{ή} \quad U = 1,73 \cdot U_{\phi} \quad (4)$$

όπου:  $U$  μία από τις (ίσες) πολικές τάσεις, σε  $V$  και

$U_{\phi}$  μία από τις (ίσες) φασικές τάσεις, σε  $V$ .

ε) Το διανυσματικό άθροισμα των φασικών τάσεων  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$  ισούται με μηδέν. Τό ίδιο ισχύει και για τό διανυσματικό άθροισμα των φασικών εντάσεων  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$ .

Στήν περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή σε άστέρα, που τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο με 4 άγωγούς, στό όποιο έχει διακοπεί ό ουδέτερος άγωγός ή που τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο με 3 άγωγούς, δηλαδή χωρίς ουδέτερο άγωγό, ισχύουν και πάλι όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στήν περίπτωση άσύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεμένου σε άστέρα, που τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο με 4 άγωγούς (σχήμα 30.3α), μεταξύ των εντάσεων ρεύματος και των τάσεων ισχύουν τά ακόλουθα:

α) Κάθε ένταση γραμμής ισούται με τήν αντίστοιχη φασική ένταση. Έπομένως ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$I_R = I_{\phi_1}, \quad I_S = I_{\phi_2} \quad \text{καί} \quad I_T = I_{\phi_3} \quad (5)$$

όπου οι εντάσεις γραμμής  $I_R, I_S, I_T$  ή οι φασικές εντάσεις  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  δέν είναι γενικά ίσες μεταξύ τους.

β) Η ένταση ρεύματος  $I_N$  που περνά από τον ουδέτερο άγωγό είναι γενικά διάφορη του μηδενός. Δηλαδή:

$$I_N \neq 0 \quad (6)$$

γ) Άν άγνόησομε τις διαφορές τής πτώσεως τάσεως στόύς άγωγούς γραμμής, που είναι άμελητές, οι φασικές τάσεις  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$  που εφαρμόζονται στίς τρεις φάσεις του καταναλωτή είναι ίσες μεταξύ τους:

$$U_{\phi_1} = U_{\phi_2} = U_{\phi_3} \quad (7)$$

δ) Οι πολικές τάσεις  $U$  που εφαρμόζονται στον καταναλωτή είναι ίσες μεταξύ τους και ισχύουν οι σχέσεις:

$$U = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \quad \text{ή} \quad U = 1,73 \cdot U_{\phi} \quad (8)$$

ε) Τό διανυσματικό άθροισμα των φασικών τάσεων  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$  είναι ίσο με μηδέν. Αντίθετα τό διανυσματικό άθροισμα των φασικών εντάσεων  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  δέν είναι ίσο με μηδέν, αλλά είναι ίσο με τό αντί-

θετο δiάνυσμα τής έντάσεως  $I_N$  πού περνά μέσα από τόν ουδέτερο άγωγό.

Όταν σέ ένα ασύμμετρο τριφασικό καταναλωτή σέ άστέρα, πού τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών διακοπεϊ ό ουδέτερος άγωγός, ή όταν τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο 3 άγωγών, ισχύουν τά ακόλουθα:

α) Κάθε ένταση γραμμής ίσοϋται μέ τήν αντίστοιχη φασική ένταση, δηλαδή:

$$I_R = I_{\phi_1}, I_S = I_{\phi_2}, I_T = I_{\phi_3} \quad (9)$$

β) Η ένταση ρεύματος στόν ουδέτερο θά ίσοϋται μέ μηδέν, δηλαδή:

$$I_N = 0 \quad (10)$$

γ) Οί φασικές τάσεις πού εφαρμόζονται στίς τρείς φάσεις τοϋ καταναλωτή θά είναι διάφορες μεταξύ τους:

$$U_{\phi_1} \neq U_{\phi_2} \neq U_{\phi_3} \quad (11)$$

παρόλο πού οί τρείς πολικές τάσεις πού εφαρμόζονται σ' αυτόν είναι ίσες μεταξύ τους.

Στήν άσκηση αυτή θά μετρηθοϋν οί έντάσεις γραμμής, οί φασικές έντάσεις, οί φασικές καί οί πολικές τάσεις καί θά προσδιορισθοϋν πειραματικά οί αντίστοιχες μεταξύ τους σχέσεις στίς περιπτώσεις συμμετρικού ή ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή, ό όποιος είναι συνδεδεμένος σέ άστέρα καί τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο 4 ή 3 άγωγών. Τέλος θά κατασκευασθεϊ τό διανυσματικό διάγραμμα τών φασικών τάσεων καί έντάσεων στίς περιπτώσεις συμμετρικού ή ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή (όταν οί καταναλωτές τροφοδοτοϋνται από τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών).

### 30.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 30.3α), όργανα καί υλικά. Διαγράμματα (σχ. 30.3β καί 30.3γ).

#### 30.3.1 Γιά τήν περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή.

- Τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών (R, S, T, N) 220/380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_2 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_3 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ .
- 7 άμπερόμετρα A.C. ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ ) περιοχής μετρήσεως  $0 \div 1 \text{ A}$ .
- Βολτόμετρα A.C.:  $V_1 : 0 \div 250 \text{ V}$ ,  
 $V_2 : 0 \div 250 \text{ V}$ ,

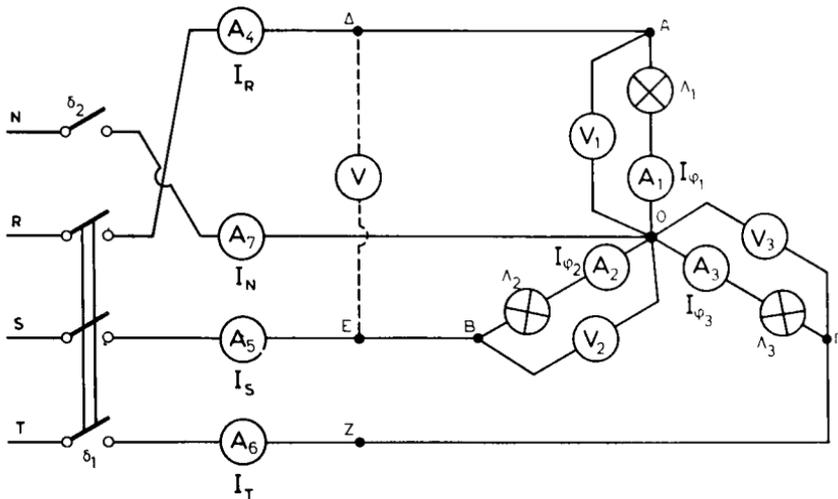
$$V_3 : 0 \div 250 \text{ V,}$$

$$V : 0 \div 500 \text{ V.}$$

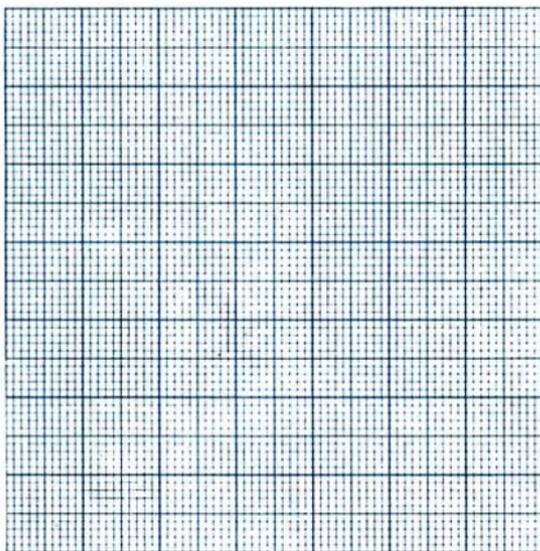
- Τριπολικός διακόπτης  $\delta_1$ .
- Διακόπτης  $\delta_2$ .

### 30.3.2 Για την περίπτωση ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή.

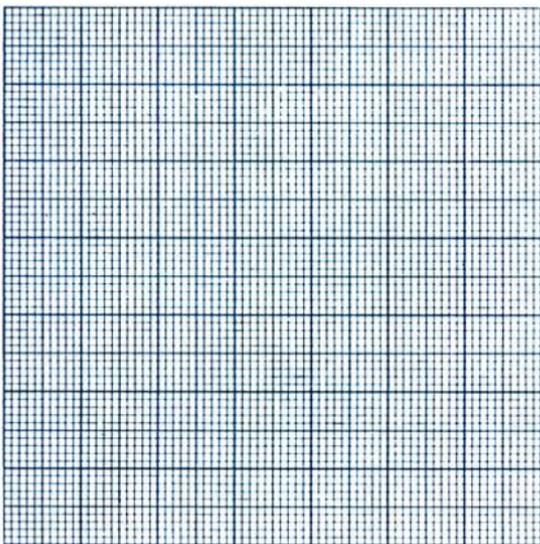
- Τριφασικό δίκτυο 4 αγωγών (R, S, T, N) 220/380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1 : 100 \text{ W, } 220 \text{ V,}$   
 $\Lambda_2 : 150 \text{ W, } 220 \text{ V,}$   
 $\Lambda_3 : 200 \text{ W, } 220 \text{ V.}$
- 7 αμπερόμετρα A.C. ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ ) περιοχής μετρήσεως  $0 \div 1 \text{ A.}$
- Βολτόμετρα A.C.:  $V_1 : 0 \div 500 \text{ V,}$   
 $V_2 : 0 \div 500 \text{ V,}$   
 $V_3 : 0 \div 500 \text{ V,}$   
 $V : 0 \div 500 \text{ V.}$
- Τριπολικός διακόπτης  $\delta_1$ .
- Διακόπτης  $\delta_2$ .



Σχ. 30.3α.

**Σχ. 30.3β.**

Διανυσματικό διάγραμμα φασικών τάσεων και έντάσεων σε συμμετρική φόρτιση με τροφοδότηση από δίκτυο 4 άγωγών.

**Σχ. 30.3γ.**

Διανυσματικό διάγραμμα φασικών τάσεων και έντάσεων σε ασύμμετρη φόρτιση με τροφοδότηση από δίκτυο 4 άγωγών.

### 30.4 Πορεία εργασίας.

#### 30.4.1 Συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ άστέρη.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 30.3α μέ τά όργανα καί ύλικά τής παραγράφου 30.3.1 καί μέ άνοικτούς τούς διακόπτες  $\delta_1$  καί  $\delta_2$ .

β) Κλείστε τούς διακόπτες  $\delta_1$  καί  $\delta_2$ . Τώρα ό καταναλωτής τροφοδοτείται άπό τούς τρεις άγωγούς φάσεως R, S, T ένώ ύπάρχει καί ό ουδέτερος άγωγός N (σύστημα 4 άγωγών).

γ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο  $A_4$  τήν ένταση γραμμής  $I_R$  καί μέ τό άμπερόμετρο  $A_1$  τήν αντίστοιχη φασική ένταση  $I_{\phi_1}$ . Σημειώστε τίς τιμές τούς στίς αντίστοιχες θέσεις τής σειράς μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 30.4.1.

δ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο  $A_5$  τήν ένταση γραμμής  $I_S$  καί μέ τό άμπερόμετρο  $A_2$  τήν αντίστοιχη φασική ένταση  $I_{\phi_2}$  καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν ίδιο πίνακα.

ε) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο  $A_6$  τήν ένταση γραμμής  $I_T$  καί μέ τό άμπερόμετρο  $A_3$  τήν αντίστοιχη φασική ένταση  $I_{\phi_3}$  καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 30.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 30.4.1.**  
**Συμμετρική φόρτιση.**

α/α	Άριθμός άγωγών	$I_R$ (A)	$I_{\phi_1}$ (A)	$I_S$ (A)	$I_{\phi_2}$ (A)	$I_T$ (A)	$I_{\phi_3}$ (A)
1	4						
2	3						
α/α	$I_N$ (A)	$U_{\phi_1}$ (V)	$U_{\phi_2}$ (V)	$U_{\phi_3}$ (V)	U (V)	$1,73 \cdot U_{\phi}$ (V)	
1							
2							

στ) Συγκρίνετε τίς τιμές τών έντάσεων γραμμής μέ τίς αντίστοιχες φασικές έντάσεις έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τή σχέση (1) τής παραγράφου 30.2.

ζ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο  $A_7$  τήν ένταση  $I_N$  πού περνά άπό τόν ουδέτερο άγωγό, σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 30.4.1 (πάντοτε στή σειρά μέ α/α 1) καί έπαληθεύσετε τή σχέση (2) τής παραγράφου 30.2.

η) Μετρήστε μέ τά βολτόμετρα  $V_1, V_2, V_3$  τίς αντίστοιχες φασικές τάσεις  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$ , σημειώστε τις στόν Πίνακα 30.4.1 καί έπαληθεύ-

σετε τή σχέση (3) τής παραγράφου 30.2.

θ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο V τήν τάση U μεταξύ τῶν ἀγωγῶν R καί S (πολική τάση) καί σημειώστε την στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 30.4.1.

ι) Ἀνοίξτε τό διακόπτη  $\delta_1$ , συνδέστε τό βολτόμετρο V ἀνάμεσα στά σημεία E καί Z καί κλείστε τό διακόπτη  $\delta_1$ . Μετρήστε τώρα τήν πολική τάση μεταξύ τῶν φάσεων S καί T καί ἐπιβεβαιώστε ὅτι εἶναι ἴση μέ ἐκείνη πού μετρήσατε παραπάνω.

ια) Ἐπαναλάβετε τήν ἐργασία (ι) μέ τό βολτόμετρο V ἀνάμεσα στά σημεία Δ καί Z, ὁπότε μετῶ τήν πολική τάση ἀνάμεσα στίς φάσεις R καί T.

ιβ) Ὑπολογίστε τό γινόμενο  $1,73 \cdot U_{\phi}$ , σημειώστε το στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 30.4.1 καί συγκρίνετέ το μέ τήν πολική τάση U ἐπαληθεύοντας ἔτσι τή σχέση (4) τής παραγράφου 30.2.

ιγ) Κατασκευάστε μέ κλίμακα, στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 30.3β, τά διανυσματικά διαγράμματα τῶν φασικῶν τάσεων  $U_{\phi_1}$ ,  $U_{\phi_2}$ ,  $U_{\phi_3}$  καί τῶν φασικῶν ἐντάσεων  $I_{\phi_1}$ ,  $I_{\phi_2}$ ,  $I_{\phi_3}$  ἀντίστοιχα. Βρεῖτε τά διανυσματικά ἀθροίσματα τῶν φασικῶν τάσεων καί τῶν φασικῶν ἐντάσεων καί ἐπαληθεύσετε ὅτι εἶναι ἴσα μέ τό μηδέν [σύμφωνα μέ τήν παράγραφο 30.2 (ε) γιά συμμετρικό καταναλωτή].

ιδ) Ἀνοίξτε τό διακόπτη  $\delta_2$ , ὁπότε ἔχομε σύστημα 3 ἀγωγῶν (χωρίς οὐδέτερο).

ιε) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες γ ὡς καί ιβ, συμπληρώνοντας κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 2 τοῦ Πίνακα 30.4.1. Ἐπαληθεύσετε καί πάλι τίς σχέσεις (1) ὡς καί (4) τής παραγράφου 30.2.

### **30.4.2 Ἀσύμμετρος τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ ἀστέρα.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 30.3α μέ τά ὄργανα καί ὑλικά τής παραγράφου 30.3.2 καί μέ ἀνοικτοῦς τοῦς διακόπτες  $\delta_1$  καί  $\delta_2$ .

β) Κλείστε τοῦς διακόπτες  $\delta_1$  καί  $\delta_2$ . Τώρα ὁ καταναλωτής τροφοδοτεῖται ἀπό τοῦς τρεῖς ἀγωγούς φάσεως R, S, T ἐνῶ ὑπάρχει καί ὁ οὐδέτερος ἀγωγός N (σύστημα 4 ἀγωγῶν).

γ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες γ ὡς ιβ τής προηγούμενης παραγράφου, συμπληρώνοντας κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 30.4.2. Ἐπαληθεύσετε τίς σχέσεις (5) ὡς καί (8) τής παραγράφου 30.2.

δ) Κατασκευάστε μέ κλίμακα στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 30.3γ τό διανυσματικό διάγραμμα τῶν φασικῶν τάσεων  $U_{\phi_1}$ ,  $U_{\phi_2}$ ,  $U_{\phi_3}$ , βρεῖτε τό διανυσματικό ἀθροίσμα τῶν τάσεων αὐτῶν καί ἐπαληθεύσετε ὅτι ἰσοῦται μέ τό μηδέν [σύμφωνα μέ τήν παράγραφο 30.2(ε) γιά ἀσύμμε-

τρο καταναλωτή].

ε) Στο διάγραμμα του σχήματος 30.3γ κατασκευάστε με κλίμακα τό διανυσματικό διάγραμμα τῶν φασικῶν ἐντάσεων  $I_{\phi_1}$ ,  $I_{\phi_2}$ ,  $I_{\phi_3}$  καί βρεῖτε

**ΠΙΝΑΚΑΣ 30.4.2.**  
**Ἀσύμμετρη φόρτιση.**

a/a	Ἀριθμός ἀγωγῶν	$I_R$ (A)	$I_{\phi_1}$ (A)	$I_S$ (A)	$I_{\phi_2}$ (A)	$I_T$ (A)	$I_{\phi_3}$ (A)
1	4						
2	3						
a/a	$I_N$ (A)	$U_{\phi_1}$ (V)	$U_{\phi_2}$ (V)	$U_{\phi_3}$ (V)	U (V)	$1,73 \cdot U_{\phi}$ (V)	
1							
2							

τό διανυσματικό τους ἄθροισμα. Αυτό ἰσοῦται μέ τό ἀντίθετο δῖανυσμα τοῦ  $I_N$ , δηλαδή τοῦ ρεύματος τοῦ οὐδέτερου. Βρεῖτε τήν τιμή τοῦ  $I_N$  σέ ἄμπέρ καί ἐπαληθεύσετε ὅτι εἶναι ἴση μέ ἐκείνη πού μετρήσατε μέ τό ἄμπερόμετρο  $A_7$ .

στ) Ἐνοῖξετε τό διακόπτη  $\delta_2$ , ὁπότε ἔχομε σύστημα 3 ἀγωγῶν (χωρίς οὐδέτερο).

ζ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες γ ὡς καί β τῆς παραγράφου 30.4.1 μέ κατάλληλη συμπλήρωση τῆς σειρᾶς μέ a/a 2 τοῦ Πίνακα 30.4.2. Ἐπαληθεύσετε τίς σχέσεις (9), (10) καί (11) τῆς παραγράφου 30.2.

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΠΡΩΤΗ

### ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

#### 31.1 Σκοπός.

- 'Η πειραματική μελέτη τῆς συνδέσεως σέ τρίγωνο ἑνός συμμετρικοῦ τριφασικοῦ καταναλωτῆ.
- 'Η πειραματική μελέτη τῆς συνδέσεως σέ τρίγωνο ἑνός ἀσύμμετρου τριφασικοῦ καταναλωτῆ.

#### 31.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

"Ένας τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ τρίγωνο (σύμβολο Δ) ἀποτελεῖται ἀπό τρεῖς μονοφασικούς καταναλωτές (τίς τρεῖς φάσεις) συνδεσμολογημένους μεταξύ τους ἔτσι, ὥστε τό τέλος τοῦ ἑνός νά ἐνώνεται μέ τήν ἀρχή τοῦ ἄλλου καί συνεπῶς νά σχηματίζουν ἕνα τρίγωνο. "Ένας τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ τρίγωνο τροφοδοτεῖται ἀπό δίκτυο μέ τρεῖς ἀγωγούς (τούς ἀγωγούς φάσεως R, S, T) χωρίς νά ὑπάρχει οὐδέτερος ἀγωγός (σχῆμα 31.3α).

Στήν περίπτωση συμμετρικοῦ τριφασικοῦ καταναλωτῆ συνδεδεμένου σέ τρίγωνο, ἰσχύουν τά ἀκόλουθα μεταξύ τῶν τάσεων καί τῶν ἐντάσεων ρεύματος τῶν στοιχείων τοῦ κυκλώματος:

α) Οἱ φασικές τάσεις πού ἐφαρμόζονται στίς τρεῖς φάσεις τοῦ καταναλωτῆ εἶναι μεταξύ τους ἴσες:

$$U_{\phi_1} = U_{\phi_2} = U_{\phi_3} = U_{\phi} \quad (1)$$

β) Οἱ πολικές τάσεις  $U$  πού ἐφαρμόζονται στόν καταναλωτή (δηλαδή οἱ τάσεις μεταξύ τῶν ἀγωγῶν φάσεως) εἶναι ἴσες μεταξύ τους.

γ) Οἱ πολικές τάσεις εἶναι ἴσες μέ τίς φασικές τάσεις:

$$U = U_{\phi} \quad (2)$$

δ) Οἱ φασικές ἐντάσεις  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  (δηλαδή οἱ ἐντάσεις πού περνοῦν μέσα ἀπό τίς τρεῖς φάσεις τοῦ καταναλωτῆ) εἶναι μεταξύ τους ἴσες:

$$I_{\phi_1} = I_{\phi_2} = I_{\phi_3} = I_{\phi} \quad (3)$$

ε) Οι εντάσεις γραμμής  $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$  είναι καί αυτές ίσες μεταξύ τους:

$$I_R = I_S = I_T = I \quad (4)$$

στ) Μεταξύ των εντάσεων γραμμής καί των φασικῶν εντάσεων ισχύουν οι σχέσεις:

$$I = \sqrt{3} \cdot I_\phi \quad \eta \quad I = 1,73 \cdot I_\phi \quad (5)$$

όπου:  $I$  μία από τῆς (ἴσες) εντάσεις γραμμής, σέ  $A$  καί

$I_\phi$  μία από τῆς (ἴσες) φασικές εντάσεις, σέ  $A$ .

ζ) Τό διανυσματικό ἄθροισμα τῶν φασικῶν τάσεων  $U_{\phi_1}$ ,  $U_{\phi_2}$ ,  $U_{\phi_3}$  ἰσοῦται μέ μηδέν. Τό ἴδιο ἰσχύει καί γιά τό διανυσματικό ἄθροισμα τῶν φασικῶν εντάσεων  $I_{\phi_1}$ ,  $I_{\phi_2}$ ,  $I_{\phi_3}$ .

Στήν περίπτωση ἀσύμμετρου τριφασικοῦ καταναλωτῆ συνδεδεμένου σέ τρίγωνο, ἰσχύουν τά ἀκόλουθα:

1) Οἱ φασικές τάσεις  $U_{\phi_1}$ ,  $U_{\phi_2}$ ,  $U_{\phi_3}$  πού ἐφαρμόζονται στίς τρεῖς φάσεις τοῦ καταναλωτῆ εἶναι μεταξύ τους ἴσες:

$$U_{\phi_1} = U_{\phi_2} = U_{\phi_3} = U_\phi \quad (6)$$

2) Οἱ πολικές τάσεις  $U$  πού ἐφαρμόζονται στόν καταναλωτή εἶναι καί αὐτές μεταξύ τους ἴσες.

3) Οἱ πολικές τάσεις εἶναι ἴσες μέ τῆς φασικές τάσεις:

$$U = U_\phi \quad (7)$$

4) Οἱ φασικές εντάσεις  $I_{\phi_1}$ ,  $I_{\phi_2}$ ,  $I_{\phi_3}$  εἶναι διάφορες μεταξύ τους:

$$I_{\phi_1} \neq I_{\phi_2} \neq I_{\phi_3} \quad (8)$$

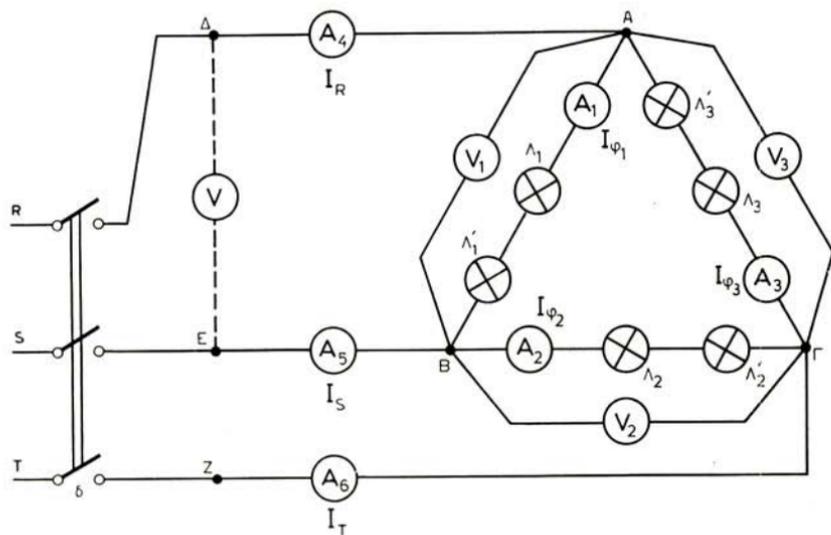
5) Οἱ εντάσεις γραμμής  $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$  εἶναι διάφορες μεταξύ τους:

$$I_R \neq I_S \neq I_T \quad (9)$$

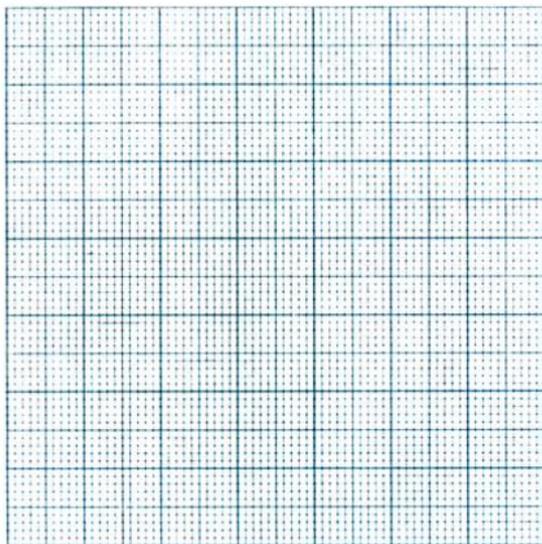
6) Τό διανυσματικό ἄθροισμα τῶν φασικῶν τάσεων  $U_{\phi_1}$ ,  $U_{\phi_2}$ ,  $U_{\phi_3}$  ἰσοῦται μέ μηδέν, ἐνῶ τό διανυσματικό ἄθροισμα τῶν φασικῶν εντάσεων  $I_{\phi_1}$ ,  $I_{\phi_2}$ ,  $I_{\phi_3}$  εἶναι γενικά διάφορο τοῦ μηδενός.

Στήν ἀσκηση αὐτή θά μετρηθοῦν οἱ φασικές καί οἱ πολικές τάσεις, οἱ φασικές εντάσεις καί οἱ εντάσεις γραμμής καί θά προσδιορισθοῦν πειραματικά οἱ σχέσεις πού ἰσχύουν μεταξύ τους στίς περιπτώσεις συμμετρικοῦ ἢ ἀσύμμετρου τριφασικοῦ καταναλωτῆ συνδεδεμένου σέ τρίγωνο. Στή συνέχεια θά κατασκευασθοῦν τά διανυσματικά διαγράμματα τῶν φασικῶν τάσεων καί τῶν φασικῶν εντάσεων στίς δύο παραπάνω περιπτώσεις (συμμετρικοῦ ἢ ἀσύμμετρου τριφασικοῦ καταναλωτῆ).

31.3 Ἀπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 31.3α), ὄργανα καὶ ὑλικά. Διαγράμματα (σχ. 31.3β καὶ 31.3γ).

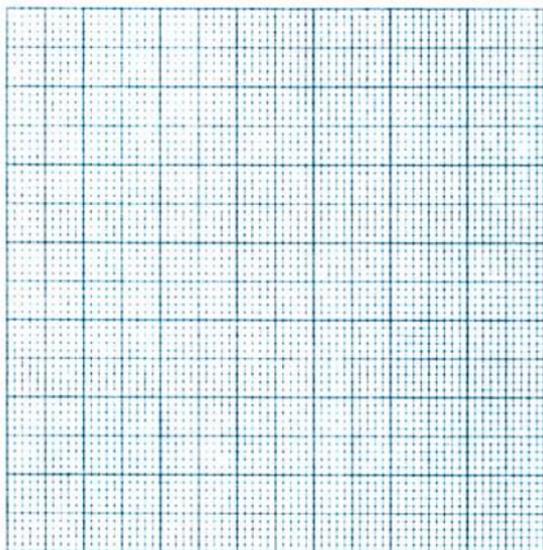


Σχ. 31.3α.



Σχ. 31.3β.

Διανυσματικό διάγραμμα φασικών τάσεων καὶ ἐντάσεων γιὰ συμμετρικό καταναλωτή συνδεδεμένο σέ τρίγωνο.



Σχ. 31.3γ.

Διανυσματικό διάγραμμα φασικών τάσεων και εντάσεων για ασύμμετρο καταναλωτή συνδεδεμένο σέ τρίγωνο.

### 31.3.1 Για την περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή.

- Τριφασικό δίκτυο 3 άγωγών (R, S, T) μέ πολική τάση 380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1, \Lambda'_1 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_2, \Lambda'_2 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_3, \Lambda'_3 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ .
- Άμπερόμετρα A.C.:  $A_1, A_2, A_3 : 0 \div 1 \text{ A}$ ,  
 $A_4, A_5, A_6 : 0 \div 2,5 \text{ A}$ .
- 4 βολτόμετρα A.C. ( $V_1, V_2, V_3, V$ ) περιοχής μετρήσεως  $0 \div 500 \text{ V}$ .
- Τριπολικός διακόπτης δ.

### 31.3.2 Για την περίπτωση ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή.

- Τριφασικό δίκτυο 3 άγωγών (R, S, T) μέ πολική τάση 380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1, \Lambda'_1 : 100 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_2, \Lambda'_2 : 150 \text{ W}, 220 \text{ V}$ ,  
 $\Lambda_3, \Lambda'_3 : 200 \text{ W}, 220 \text{ V}$ .
- Άμπερόμετρα A.C.:  $A_1, A_2, A_3 : 0 \div 1 \text{ A}$ ,  
 $A_4, A_5, A_6 : 0 \div 2,5 \text{ A}$ .
- 4 βολτόμετρα A.C. ( $V_1, V_2, V_3, V$ ) περιοχής μετρήσεως  $0 \div 500 \text{ V}$ .
- Τριπολικός διακόπτης δ.

### 31.4 Πορεία έργασίας.

#### 31.4.1 Συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ τρίγωνο.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 31.3α μέ τά όργανα καί ύλικά τής παραγράφου 31.3.1 καί μέ άνοικτό τόν τριπολικό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε μέ τά βολτόμετρα  $V_1, V_2, V_3$  τίς φασικές τάσεις  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$  (άντίστοιχα) πού εφαρμόζονται στίς τρείς φάσεις του καταναλωτή καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις τής σειράς μέ α/α 1 του Πίνακα 31.4.1. Έπιβεβαιώστε ότι οί τρείς φασικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τή σχέση (1) τής παραγράφου 31.2.

δ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο  $V$  τήν τάση  $U$  άνάμεσα στους άγωγούς  $R$  καί  $S$  (πολική τάση) καί σημειώστε την στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 31.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 31.4.1.**  
**Σύνδεση σέ τρίγωνο.**

α/α	Φόρτιση	$U_{\phi_1}$ (V)		$U_{\phi_2}$ (V)		$U_{\phi_3}$ (V)		$U$ (V)
1	Συμμετρική							
2	Άσύμμετρη							
α/α	$I_{\phi_1}$ (A)	$I_{\phi_2}$ (A)	$I_{\phi_3}$ (A)	$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	$1,73 \cdot I_{\phi}$ (A)	
1								
2								

ε) Άνοιζτε τό διακόπτη δ, συνδέστε τό βολτόμετρο  $V$  άνάμεσα στά σημεία  $E$  καί  $Z$  καί κλείστε τό διακόπτη δ. Μετρήστε τώρα τήν πολική τάση  $U$  άνάμεσα στίς φάσεις  $S$  καί  $T$  καί έπιβεβαιώστε ότι είναι ίση μέ εκείνη πού μετρήσατε παραπάνω.

στ) Έπαναλάβετε τήν προηγούμενη έργασία μέ τό βολτόμετρο  $V$  άνάμεσα στά σημεία  $\Delta$  καί  $Z$ , όποτε μετρά τήν πολική τάση  $U$  άνάμεσα στίς φάσεις  $R$  καί  $T$ .

ζ) Συγκρίνετε τίς τιμές των φασικών καί πολικών τάσεων καί έπαληθεύστε τή σχέση (2) τής παραγράφου 31.2.

η) Μετρήστε μέ τά άμπερόμετρα  $A_1, A_2, A_3$  τίς φασικές έντάσεις  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  (άντίστοιχα). Σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις

του Πίνακα 31.4.1, πάντοτε στη σειρά με α/α 1, και έπαληθεύσετε τη σχέση (3) της παραγράφου 31.2.

θ) Μετρήστε με τὰ άμπερόμετρα  $A_4, A_5, A_6$  τίσ έντάσεις γραμμής  $I_R, I_S, I_T$  (άντίστοιχα). Σημειώστε τίσ τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 31.4.1 και έπαληθεύσετε τη σχέση (4) της παραγράφου 31.2.

ι) Ύπολογίσετε τό γινόμενο  $1,73 \cdot I_\phi$ , σημειώστε το στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 31.4.1 και συγκρίνατέ το με τίσ έντάσεις γραμμής  $I_R, I_S, I_T$  έπαληθεύοντας έτσι πειραματικά τη σχέση (5) της παραγράφου 31.2.

ια) Κατασκευάστε με κλίμακα στό διάγραμμα του σχήματος 31.3β, τὰ διανυσματικά διαγράμματα τών φασικών τάσεων  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$  και τών φασικών έντάσεων  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$ . Βρείτε τὰ διανυσματικά άθροίσματα τών φασικών τάσεων και τών φασικών έντάσεων και έπαληθεύσετε ότι καθένα από τὰ άθροίσματα αυτά ίσοϋται με τό μηδέν [σύμφωνα με τήν παράγραφο 31.2 (ζ)].

### **31.4.2 Άσύμμετρος τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σέ τρίγωνο.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 31.3α με τὰ όργανα και ύλικά της παραγράφου 31.3.2 και με άνοικτό τόν τριπολικό διακόπτη δ.

β) Κλειΐστε τό διακόπτη δ.

γ) Έπαναλάβετε τίσ έργασίες γ ώς και ζ της προηγούμενης παραγράφου συμπληρώνοντας κατάλληλα τη σειρά με α/α 2 του Πίνακα 31.4.1. Έπαληθεύσετε τίσ σχέσεις (6) και (7) της παραγράφου 31.2.

δ) Μετρήστε με τὰ άμπερόμετρα  $A_1, A_2, A_3$  τίσ φασικές έντάσεις  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$  (άντίστοιχα). Σημειώστε τίσ τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις της σειράς με α/α 2 του Πίνακα 31.4.1 και έπαληθεύσετε τη σχέση (8) της παραγράφου 31.2.

ε) Μετρήστε με τὰ άμπερόμετρα  $A_4, A_5, A_6$  τίσ έντάσεις γραμμής  $I_R, I_S, I_T$  (άντίστοιχα), συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 31.4.1 και έπαληθεύσετε τη σχέση (9) της παραγράφου 31.2.

στ) Κατασκευάστε με κλίμακα στό διάγραμμα του σχήματος 31.3γ τό διανυσματικό διάγραμμα τών φασικών τάσεων  $U_{\phi_1}, U_{\phi_2}, U_{\phi_3}$ . Βρείτε τό διανυσματικό άθροισμα τών τάσεων αυτών και έπαληθεύσετε ότι ίσοϋται με τό μηδέν [σύμφωνα με τήν παράγραφο 31.2 (6)].

ζ) Στο διάγραμμα του σχήματος 31.3γ κατασκευάστε με κλίμακα τό διανυσματικό διάγραμμα τών φασικών έντάσεων  $I_{\phi_1}, I_{\phi_2}, I_{\phi_3}$ . Βρείτε τό διανυσματικό άθροισμα τών έντάσεων αυτών και έπαληθεύσετε ότι είναι διάφορο του μηδενός [σύμφωνα με τήν παράγραφο 31.2 (6)].

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

#### 32.1 Σκοπός.

- Ἡ μέτρηση μέ βαττόμετρο τῆς πραγματικῆς ἰσχύος πού ἀπορροφᾷ ἓνας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό σύστημα 4 ἀγωγῶν.
- Ἡ μέτρηση μέ τρία βαττόμετρα τῆς πραγματικῆς ἰσχύος πού ἀπορροφᾷ ἓνας ἀσύμμετρος τριφασικός καταναλωτής, ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό σύστημα 4 ἀγωγῶν.
- Ἡ μέτρηση μέ δύο βαττόμετρα, σύμφωνα μέ τή μέθοδο Aron (Ἄρον), τῆς πραγματικῆς ἰσχύος πού ἀπορροφᾷ ἓνας ἀσύμμετρος τριφασικός καταναλωτής, ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό σύστημα 3 ἀγωγῶν.

#### 32.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Ὅταν ἓνας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, συνδεδεμένος σέ ἀστέρα, τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό σύστημα 4 ἀγωγῶν (τριῶν φάσεων καί τοῦ οὐδετέρου) ἡ πραγματική ἰσχύς  $P_1$  πού ἀπορροφᾷ κάθε φάση του, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$P_1 = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos\phi \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

ὅπου:  $U_\phi$  ἡ ἐνεργός τιμή τῆς φασικῆς τάσεως, δηλαδή τῆς τάσεως πού ἐφαρμόζεται στή φάση τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $V$ ,

$I_\phi$  ἡ ἐνεργός τιμή τῆς ἀντίστοιχης φασικῆς ἐντάσεως, σέ  $A$  καί  $\cos\phi$  ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ.

Ἡ ὅλική πραγματική ἰσχύς  $P$  πού ἀπορροφᾷ ὁ συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, δίνεται τότε ἀπό τή σχέση:

$$P = 3 \cdot P_1 \quad (2)$$

στήν ὁποία οἱ μονάδες τῶν  $P$  καί  $P_1$  εἶναι τά  $W$ .

Ἀπό τίς δύο παραπάνω σχέσεις προκύπτει ὅτι, γιά νά μετρήσομε τήν

πραγματική ισχύ ενός συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή συνδεδεμένου σε άστέρα, που τροφοδοτείται από τριφασικό σύστημα 4 άγωγών, αρκεί να μετρήσουμε την ισχύ  $P_1$  μιάς φάσεως του καταναλωτή (μέ ένα μονοφασικό βατόμετρο) και να τριπλασιάσουμε την ένδειξη του βατομέτρου.

Η ολική πραγματική ισχύς  $P$  που απορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, συνδεδεμένος είτε σε άστέρα είτε σε τρίγωνο, υπολογίζεται και από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \quad \text{ή} \quad P = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \quad \text{σέ } W(3)$$

όπου:  $U$  ή ενεργός τιμή της πολικής τάσεως, σε  $V$ ,

$I$  ή ενεργός τιμή της έντάσεως γραμμής, σε  $A$  και

$\cos\phi$  ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή.

Η ολική πραγματική ισχύς  $P$  που απορροφά ένας ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής, συνδεδεμένος σε άστέρα που τροφοδοτείται από τριφασικό σύστημα 4 άγωγών, δίνεται από τη σχέση:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{σέ } W \quad (4)$$

όπου  $P_1, P_2, P_3$  είναι οι ισχείς που απορροφούν οι τρεις φάσεις του καταναλωτή, σε  $W$ .

Στην περίπτωση αυτή μετρούμε τις ισχείς  $P_1, P_2, P_3$  με τρία μονοφασικά βατόμετρα που τό καθένα είναι συνδεδεσμένο σε μία από τις τρεις φάσεις του καταναλωτή.

Στην περίπτωση ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή, συνδεδεμένου σε άστέρα ή σε τρίγωνο, που τροφοδοτείται από τριφασικό σύστημα 3 άγωγών, για τη μέτρηση της ολικής πραγματικής ισχύος αρκεί να χρησιμοποιήσουμε δύο μονοφασικά βατόμετρα συνδεδεσμένα κατά τη διάταξη  $A_{\text{ρον}}$ , όπως φαίνεται στο σχήμα 32.3γ.

Στην προηγούμενη περίπτωση ή ολική πραγματική ισχύς  $P$  που απορροφά ο καταναλωτής δίνεται από τη σχέση:

$$P = P_1 + P_2 \quad \text{σέ } W \quad (5)$$

στην οποία  $P_1, P_2$  είναι οι ένδειξεις των δύο βατομέτρων, σε  $W$ . Οι ένδειξεις αυτές δεν είναι γενικά ίσες μεταξύ τους ακόμη και όταν τό φορτίο είναι συμμετρικό.

Στην περίπτωση του συμμετρικού καταναλωτή, όταν ο συντελεστής ισχύος είναι ίσος με 0,5 (δηλαδή όταν  $\phi = 60^\circ$ ), ή ένδειξη του ενός βατομέτρου γίνεται ίση με μηδέν και ισχύει ή σχέση:

$$P = P_1 \quad (6)$$

Στην ίδια περίπτωση του συμμετρικού καταναλωτή, όταν είναι

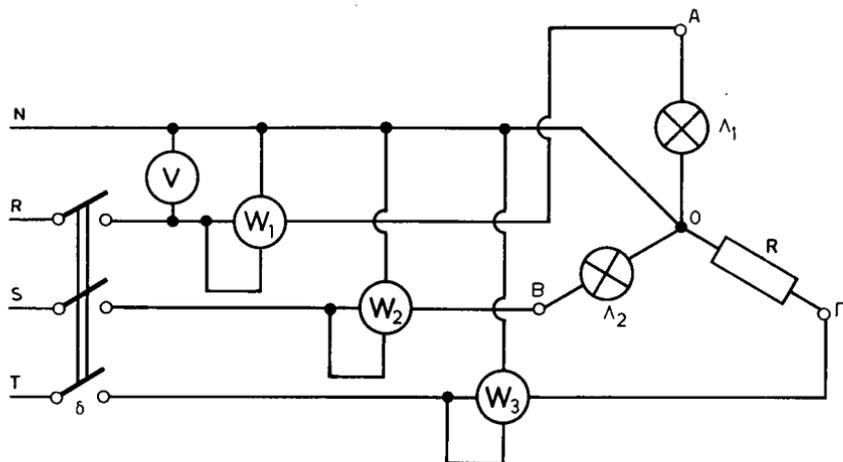
συνφ < 0,5 (δηλαδή όταν  $\phi > 60^\circ$ ), τότε  $P_2$  είναι αρνητικό, δηλαδή ο δείκτης του βατομέτρου τείνει να κινηθεί αριστερά από το μηδέν. Στην περίπτωση αυτή αναστρέφουμε τη σύνδεση του πηνίου τάσεως του βατομέτρου με αρνητική ένδειξη, οπότε αυτό θα δείχνει μία ένδειξη  $P_2$  και τότε θα ισχύει η σχέση:

$$P = P_1 - P_2 \quad (7)$$

Στό πρώτο μέρος της άσκησης αυτής θα προσδιορισθεί με μετρήσεις ή ολική πραγματική ισχύς που απορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε άστέρα και τροφοδοτείται από δίκτυο 4 άγωγών, με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων (2) και (3) και θα συγκριθούν τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια θα προσδιορισθεί με χρήση 3 βατομέτρων η ολική πραγματική ισχύς ενός ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή σε σύνδεση άστέρα τροφοδοτούμενου από δίκτυο 4 άγωγών. Τέλος θα προσδιορισθεί με χρήση 2 βατομέτρων σε διάταξη Aron η ολική πραγματική ισχύς που απορροφά ένας ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σε δίκτυο 3 άγωγών.

### 32.3 Απαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά.

*Για τη συνδεσμολογία του σχήματος 32.3α.*

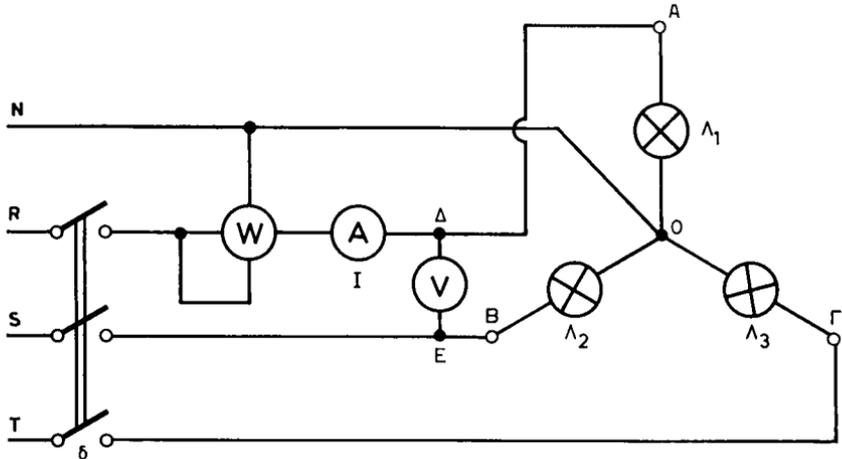


Σχ. 32.3α.

- Τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών (R,S,T,N) 220/380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $L_1, L_2, L_3$ : 100 W, 220 V ή καθεμία.

- Άμπερόμετρο  $0 \div 1 \text{ A A.C.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 500 \text{ V A.C.}$
- Βαττόμετρο  $0 \div 250 \text{ V, } 0 \div 500 \text{ W.}$
- Τριπολικός διακόπτης δ.

**Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 32.3β.**

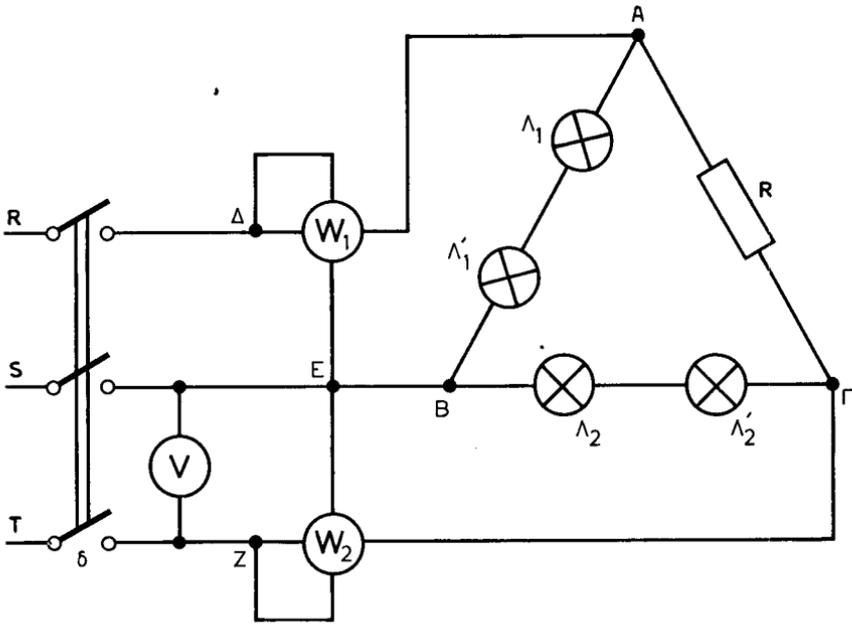


Σχ. 32.3β.

- Τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών (R,S,T,N) 220/380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1$ : 100 W, 220 V,  
 $\Lambda_2$ : 200 W, 220 V.
- Σταθερή αντίσταση  $R = 130 \Omega, 2 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 250 \text{ V A.C.}$
- Βαττόμετρα:  $W_1$ :  $0 \div 250 \text{ V, } 0 \div 500 \text{ W,}$   
 $W_2$ :  $0 \div 250 \text{ V, } 0 \div 500 \text{ W,}$   
 $W_3$ :  $0 \div 250 \text{ V, } 0 \div 500 \text{ W.}$
- Τριπολικός διακόπτης δ.

**Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 32.3γ.**

- Τριφασικό δίκτυο 3 άγωγών (R,S,T) μέ πολική τάση 380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1, \Lambda'_1$ : 100 W, 220 V ή καθεμία,  
 $\Lambda_2, \Lambda'_2$ : 200 W, 220 V ή καθεμία.
- Σταθερή αντίσταση  $R = 400 \Omega, 1 \text{ A.}$
- Βολτόμετρο  $0 \div 500 \text{ V A.C.}$
- Βαττόμετρα:  $W_1$ :  $0 \div 500 \text{ V, } 0 \div 1500 \text{ W,}$   
 $W_2$ :  $0 \div 500 \text{ V, } 0 \div 1500 \text{ W.}$
- ζ) Τριπολικός διακόπτης δ.



Σχ. 32.3γ.

### 32.4 Πορεία έργασίας.

#### 32.4.1 Τριφασική ισχύς συμμετρικού καταναλωτή.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 32.3α μέ τίς λυχνίες  $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$  συνδεμένες σέ άστέρα άνάμεσα στά σημεία Α, Β, Γ καί μέ άνοικτό τόν τριπολικό διακόπητη δ.

β) Κλείστε τό διακόπητη δ.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο V τήν πολική τάση U άνάμεσα στους άγωγούς R καί S καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 32.4.1.

δ) Μετρήστε μέ τό άμπερόμετρο A τήν ένταση γραμμής I καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 32.4.1.

ε) Λαμβάνοντας ύπόψη ότι οι λυχνίες πυρακτώσεως είναι καθαρά ωμικοί καταναλωτές, σημειώστε στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 32.4.1 τήν τιμή του συντελεστή ισχύος του καταναλωτή (συνφ).

στ) Ύπολογίστε από τή σχέση (3) τής παραγράφου 32.2 τήν όλική πραγματική ισχύ P που άπορροφά ό συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 32.4.1.

ζ) Μετρήστε μέ τό βαττόμετρο W τήν πραγματική ισχύ  $P_1$  που άπορ-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 32.4.1.**  
**Συμμετρική φόρτιση.**

U(V)	I(A)	συνφ	P(W)	P <sub>1</sub> (W)	3.P <sub>1</sub> (W)

ροφά ή λυχνία  $\Lambda_1$  και σημειώστε την τιμή της στον Πίνακα 32.4.1. "Αν ο δείκτης του βαττομέτρου τείνει να κινηθεί άριστερά από το μηδέν, αναστρέψτε τη σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεώς του, ώστε να δείχνει θετική ένδειξη.

η) Υπολογίστε την όλική πραγματική ισχύ  $P$  που άπορροφά ο συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής από τη σχέση (2) της παραγράφου 32.2, σημειώστε την στον Πίνακα 32.4.1 και συγκρίνετέ την με την ισχύ που υπολογίσατε παραπάνω (στ).

**32.4.2 Τριφασική ισχύς ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεδεμένου σε δίκτυο 4 άγωγών.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 32.3β με άνοικτό τόν τριπολικό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Ελέγξτε με τό βολτόμετρο  $V$  ότι ή φασική τάση του δικτύου είναι περίπου 220 V.

δ) Μετρήστε με τά βαττόμετρα  $W_1, W_2, W_3$  τις πραγματικές ισχεις  $P_1, P_2, P_3$  που άπορροφούν αντίστοιχα ή λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda_1$ , ή λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda_2$  και ή αντίσταση  $R$ . Σημειώστε τις τιμές των  $P_1, P_2, P_3$  στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 32.4.2. "Αν ο δείκτης ενός ή περισσοτέρων βαττομέτρων τείνει να κινηθεί άριστερά από τό μηδέν, αναστρέψτε τη σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεως, ώστε να δείχνουν θετικές ένδείξεις.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 32.4.2.**  
**Άσύμμετρη φόρτιση.**

P <sub>1</sub> (W)	P <sub>2</sub> (W)	P <sub>3</sub> (W)	P(W)

ε) Υπολογίστε από τη σχέση (4) της παραγράφου 32.2 την όλική πραγματική ισχύ  $P$  που άπορροφά ο ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής και σημειώστε την τιμή της στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 32.4.2.

### 32.4.3 Τριφασική ισχύς ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεδεμένου σέ δίκτυο 3 άγωγών.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 32.3γ (συνδεσμολογία Aron) μέ άνοικτό τόν τριπολικό διακόπτη δ.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Έλέγξτε μέ τό βολτόμετρο V ότι ή πολική τάση τοῦ δικτύου είναι περίπου 380 V.

δ) Σημειώστε τίς ένδείξεις  $P_1$ ,  $P_2$  τών βαττομέτρων  $W_1$ ,  $W_2$  στίς αντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 32.4.3. Άν από λανθασμένη σύνδεση τοῦ πηνίου τάσεως κάποιου βαττομέτρου, ό δείκτης του τείνει νά κινηθεϊ άνάποδα, άνοιξτε τό διακόπτη δ, αντιστρέψτε τή σύνδεση τοῦ πηνίου τάσεως τοῦ βαττομέτρου αὐτοῦ καί κλείστε τό διακόπτη δ.

ε) Υπολογίστε άπό τή σχέση (5) τής παραγράφου 32.2 τής παραγράφου 32.2 τήν όλική πραγματική ισχύ P πού άπορροφά ό ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 32.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 32.4.3.**  
**Μέθοδος Aron.**

$P_1(W)$	$P_2(W)$	$P(W)$

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΤΡΙΤΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 33.1 Σκοπός.

α) Ἡ επίδειξη ἑνός τριφασικοῦ μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας καί ἡ ἐξοικείωση μέ τά βασικά χαρακτηριστικά του.

β) Ὁ προσδιορισμός τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας πού ἀπορροφᾷ ἕνας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ὁ ὁποῖος τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό σύστημα 4 ἀγωγῶν, μέ τίς ἐξῆς μεθόδους:

- Μέ βολτόμετρο, ἀμπερόμετρο καί χρονόμετρο.
- Μέ βαττόμετρο καί χρονόμετρο.
- Μέ τριφασικό μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας.

#### 33.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Ἡ ὀλική πραγματική ἰσχύς  $P$  πού ἀπορροφᾷ ἕνας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ὑπολογίζεται ἀπό τίς ἀκόλουθες σχέσεις:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ} \quad \text{ἢ} \quad P = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ} \quad \text{σέ } W \quad (1)$$

ὅπου:  $U$  ἡ ἐνεργός τιμή τῆς πολικῆς τάσεως, σέ  $V$ ,

$I$  ἡ ἐνεργός τιμή τῆς ἐντάσεως γραμμῆς, σέ  $A$  καί  
συνφ ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ καταναλωτῆ.

Ἡ ὀλική πραγματική ἰσχύς  $P$  πού ἀπορροφᾷ ἕνας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ὁ ὁποῖος εἶναι συνδεδεμένος σέ ἀστέρα καί τροφοδοτεῖται ἀπό τριφασικό δίκτυο 4 ἀγωγῶν (τριῶν ἀγωγῶν φάσεως καί τοῦ οὐδέτερου) δίνεται καί ἀπό τή σχέση:

$$P = 3 \cdot P_1 \quad \text{σέ } W \quad (2)$$

ὅπου  $P_1$  ἡ ἰσχύς πού ἀπορροφᾷ κάθε φάση τοῦ καταναλωτῆ, σέ  $W$ .

Ἡ ἰσχύς  $P_1$  μπορεῖ νά μετρηθεῖ μέ ἕνα μονοφασικό βαττόμετρο.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $A$  πού ἀπορροφᾷ κατὰ τή λειτουργία του ἕνας καταναλωτής σταθερῆς ἰσχύος, γιά ὀρισμένο χρονικό διάστημα, δίνεται ἀπό τίς σχέσεις:

$$A = P \cdot t \quad \text{σέ βαττῶρες (Wh)} \quad (3)$$

$$\eta \quad A = \frac{P \cdot t}{1000} \quad \text{σέ κιλοβαττώρες (kWh)} \quad (4)$$

όπου:  $P$  ή ισχύς του καταναλωτή, σέ  $W$  και  
 $t$  ό χρόνος λειτουργίας του καταναλωτή, σέ ώρες (h).

Άπό τίς παραπάνω σχέσεις προκύπτουν οι ακόλουθες δύο σχέσεις γιά τήν ενέργεια  $A$  πού άπορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής:

$$A = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ} \cdot t \quad \text{σέ Wh} \quad (5)$$

$$\eta \quad A = \frac{1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ} \cdot t}{1000} \quad \text{σέ kWh} \quad (6)$$

Στίς σχέσεις αυτές οι μονάδες τών μεγεθών  $U, I$  και  $t$  είναι ίδιες μέ τίς παραπάνω.

Άπό τίς σχέσεις (2), (3) και (4) προκύπτουν οι ακόλουθες δύο σχέσεις γιά τήν ενέργεια  $A$  πού άπορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, συνδεσμολογημένος σέ άστέρα και τροφοδοτούμενος άπό τριφασικό δίκτυο 4 άγωγών:

$$A = 3 \cdot P_1 \cdot t \quad \text{σέ Wh} \quad (7)$$

$$\eta \quad A = \frac{3 \cdot P_1 \cdot t}{1000} \quad \text{σέ kWh} \quad (8)$$

Στίς σχέσεις αυτές ή ισχύς  $P_1$  πρέπει νά εκφράζεται σέ  $W$  και ό χρόνος  $t$  σέ h.

Γιά τήν άπευθείας μέτρηση τής ηλεκτρικής ενέργειας  $A$  πού άπορροφά ένας τριφασικός καταναλωτής, σέ κάποιο χρονικό διάστημα, γίνεται χρήση τών τριφασικών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μετρητές αυτοί ανήκουν στήν κατηγορία τών μετρητών έπαγωγικού τύπου. Η ενέργεια ύπολογίζεται άπό τή σχέση:

$$A = A_2 - A_1 \quad \text{σέ kWh} \quad (9)$$

όπου:  $A_1$  ή ένδειξη του μετρητή άμέσως πριν άπό τή λειτουργία του καταναλωτή, σέ kWh και

$A_2$  ή τελική ένδειξη του μετρητή, σέ kWh μετά τή λειτουργία του καταναλωτή γιά κάποιο χρονικό διάστημα στό όποιο θέλομε νά βρούμε τήν ενέργεια πού άπορρόφησε.

Ό άριθμός  $c$  τών στροφών του δίσκου του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας πού άντιστοιχεί σέ κατανάλωση ενέργειας ίση μέ 1 kWh, άποτελεί τή σταθερά του μετρητή και είναι γραμμένος στήν πινακίδα του μαζί μέ τά άλλα στοιχεία του μετρητή. Η ενέργεια  $A$  πού άπορροφά έ-

νας καταναλωτής σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα  $t$  υπολογίζεται και από τη σχέση:

$$A = \frac{\Sigma}{c} \quad \text{σέ kWh} \quad (10)$$

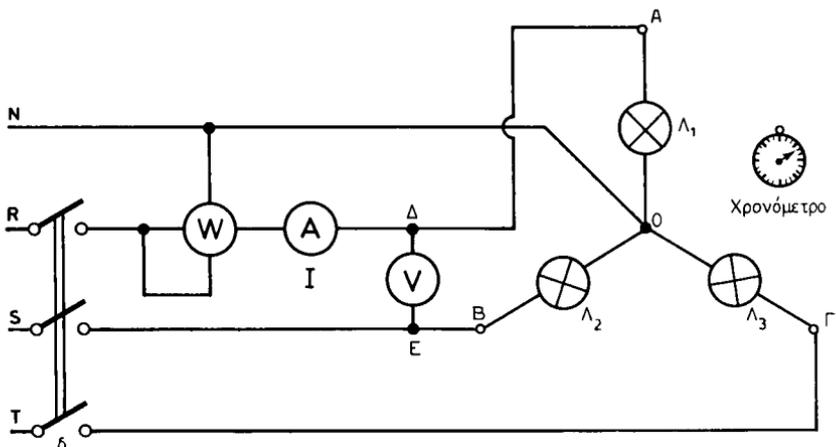
όπου:  $\Sigma$  ο αριθμός στροφών που πραγματοποιήσε ο δίσκος του μετρητή κατά τό χρόνο  $t$  και

$c$  ή σταθερά του μετρητή, σέ στρ/kWh.

Στήν άσκηση αυτή θα γίνει άρχικά επίδειξη ενός τριφασικού μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Στή συνέχεια θα προσδιορισθεί με μετρήσεις ή ενέργεια που απορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε άστέρα και τροφοδοτείται από δίκτυο 4 άγωγών. Οι μετρήσεις αυτές θα γίνουν με βολτόμετρο, άμπερόμετρο και χρονόμετρο και ταυτόχρονα με βαττόμετρο και χρονόμετρο και θα γίνει σύγκριση των άποτελεσμάτων που θα προκύψουν με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων (5), (6), (7) και (8). Τέλος θα προσδιορισθεί ή ενέργεια που απορροφά ένας άλλος μή συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής, συνδεδεμένος σε άστέρα και τροφοδοτούμενος από δίκτυο 4 άγωγών, με χρήση τριφασικού μετρητή ήλεκτρικής ενέργειας με δύο τρόπους, με τη βοήθεια των σχέσεων (9) και (10) και θα γίνει και πάλι σύγκριση των άποτελεσμάτων.

### 33.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά.

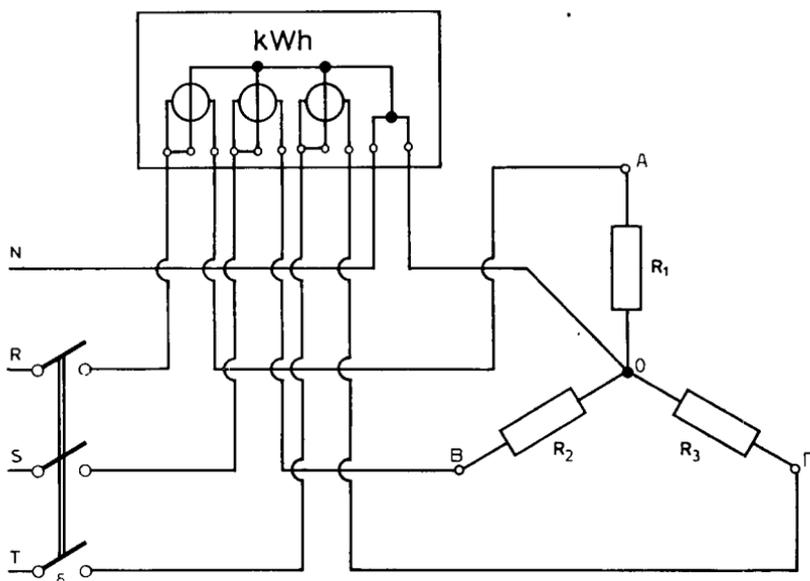
*Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 33.3α.*



Σχ. 33.3α.

- Τριφασικό δίκτυο 4 αγωγών (R, S, T, N) 220/380 V.
- Λυχνίες πυρακτώσεως:  $\Lambda_1$  : 200 W, 220 V,  
 $\Lambda_2$  : 200 W, 220 V,  
 $\Lambda_3$  : 200 W, 220 V.
- Άμπερόμετρο 0 ÷ 1 A A.C.
- Βολτόμετρο 0 ÷ 500 V A.C.
- Μονοφασικό βαττόμετρο 0 ÷ 250 V, 0 ÷ 500 W.
- Χρονόμετρο ακριβείας.
- Τριπολικός διακόπτης δ.

**Γιά τη συνδεσμολογία του σχήματος 33.3β.**



**Σχ. 33.3β.**

- Τριφασικό δίκτυο 4 αγωγών (R, S, T, N) 220/380 V.
- Τρεις ώμικοί καταναλωτές  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  με μεγάλη κατά προτίμηση ονομαστική ισχύ, π.χ. αντίστασεις θέρμανσης, ηλεκτρικά μάτια κλπ.
- Τριφασικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας 4 αγωγών με ονομαστική τάση 220/380 V.
- Τριπολικός διακόπτης δ.

### 33.4 Πορεία εργασίας.

#### 33.4.1 Τριφασικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας.

α) Ξεετάστε έναν τριφασικό μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του εργαστηρίου και σημειώστε τά στοιχεία του (τύπος, αριθμός μετρητή, αριθμός άγωγών, τάση  $U$  – φασική και πολική – ένταση  $I$ , συχνότητα  $f$ , σταθερά μετρητή  $c$ ) στην κατάλληλη στήλη του Πίνακα 33.4.1. Τά στοιχεία αυτά είτε είναι γραμμένα στην πινακίδα του μετρητή είτε μπορείτε νά τά συμπεράνετε είτε νά τά πληροφορηθείτε από τόν καθηγητή σας.

β) Αφαιρέστε τό κάλυμμα του μετρητή και παρατηρήστε τά διάφορα στοιχεία από τά όποια αποτελείται ένας τριφασικός επαγωγικός μετρητής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 33.4.1.**

Στοιχεία	
Τύπος μετρητή	
Αριθμός μετρητή	
Αριθμός άγωγών	
Τάση $U$ (V)	
Ένταση $I$ (A)	
Συχνότητα $f$ (Hz)	
Σταθερά $c$ (στρ/kWh)	

#### 33.4.2 Προσδιορισμός τής ηλεκτρικής ενέργειας που άπορροφά ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής: α) με βολτόμετρο, άμπερόμετρο και χρονόμετρο και β) με βαττόμετρο και χρονόμετρο.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 33.3α με άνοικτό τόν τριπολικό διακόπτη  $\delta$ .

β) Κλείστε τό διακόπτη  $\delta$ .

γ) Μετρήστε με τό βολτόμετρο  $V$  τήν πολική τάση  $U$  μεταξύ τών άγωγών  $R$  και  $S$  και σημειώστε τήν τιμή της στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 33.4.2.

δ) Μετρήστε με τό άμπερόμετρο  $A$  τήν ένταση γραμμής  $I$  και ση-

ΠΙΝΑΚΑΣ 33.4.2.

U (V)	I (A)	συνφ	t (min)	t (h)	A (Wh)	A (kWh)
		$P_1$ (W)	t (min)	t (h)	A (Wh)	A (kWh)

μειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση του παραπάνω Πίνακα.

ε) Σημειώστε στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 33.4.2 τήν τιμή του συντελεστή Ισχύος (συνφ) του καταναλωτή έχοντας υπόψη σας ότι οι λυχνίες πυρακτώσεως είναι καθαρά ωμικές καταναλώσεις.

στ) Μετρήστε με τό βαττόμετρο W τήν πραγματική Ισχύ  $P_1$  που απορροφά η λυχνία  $\Lambda_1$  και σημειώστε την στον Πίνακα 33.4.2. "Αν ο δείκτης του βαττομέτρου τείνει να κινηθεί προς τα άριστερά του μηδενός, αναστρέψτε τή σύνδεση του πηνίου τάσεως ή του πηνίου έντάσεώς του, ώστε η ένδειξη να είναι θετική.

ζ) Θέσετε σε λειτουργία τό χρονόμετρο μέχρι να συμπληρωθεί χρόνος  $t = 10 \text{ min}$ . Κατά τή διάρκεια του χρόνου αυτού παρακολουθείτε συνεχώς αν οι τιμές των U, I, P παραμένουν σταθερές. Σημειώστε τήν τιμή του t σε min και σε h στις αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 33.4.2.

η) Υπολογίστε σε Wh και σε kWh τήν ενέργεια που απορρόφησε κατά τό χρόνο t τό συγκρότημα των τριών δμοιων λυχνιών, χρησιμοποιώντας αρχικά τίς σχέσεις (5) και (6) και έπειτα τίς σχέσεις (7) και (8) τής παραγράφου 33.2. Συμπληρώστε κατάλληλα τον Πίνακα 33.4.2 και συγκρίνετε τά αντίστοιχα αποτελέσματα.

### **33.4.3 Προσδιορισμός τής ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφά ένας μη συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής με τριφασικό μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 33.3β με ανοικτό τον τριπολικό διακόπη δ. Ο μη συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής πρέπει κατά τό δυνατό να είναι μεγάλης ισχύος, ώστε να απορροφά αρκετή ενέργεια στο σύντομο κατ' ανάγκη χρόνο του πειράματος. Π.χ. οι αντιστάσεις  $R_1, R_2, R_3$  μπορεί να είναι αντιστάσεις θερμάνσεως ή να αποτελούνται από όρισμένο αριθμό λυχνιών πυρακτώσεως με μεγάλη ισχύ και με όνομαστική τάση 220 V συνδεμένων παράλληλα κ.ο.κ.

β) Με ανοικτό τό διακόπη δ σημειώστε τήν αρχική ένδειξη  $A_1$  του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 33.4.3.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ, μετρήστε  $\Sigma = 200$  στροφές του δίσκου

**ΠΙΝΑΚΑΣ 33.4.3.**

$A_1$ (kWh)	$A_2$ (kWh)	$\Sigma$ (στρ)	$c$ (στρ/kWh)	$A_2 - A_1$ (kWh)	$\frac{\Sigma}{c}$ (kWh)

του μετρητή και ανοίξτε τό διακόπτη δ.

δ) Σημειώστε τήν τελική ένδειξη  $A_2$  του μετρητή, καθώς και τόν άριθμό στροφών του δίσκου ( $\Sigma = 200$ ) στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 33.4.3.

ε) Σημειώστε και τήν τιμή τής σταθεράς  $c$  του μετρητή στήν αντίστοιχη θέση του παραπάνω Πίνακα.

στ) Ύπολογίστε τήν ένέργεια πού άπορρόφησε ό μή συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής άρχικά από τή σχέση (9) και έπειτα από τή σχέση (10) τής παραγράφου 33.2. Συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 33.4.3 και συγκρίνετε τά δύο άποτελέσματα.

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ

### ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ

#### 34.1 Σκοπός.

- Ἡ ἐπίδειξη διαφόρων μετασχηματιστῶν μετρήσεως (τάσεως καὶ ἐντάσεως) καὶ ἡ ἐξοικείωση μὲ τὰ βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Ἡ μέτρηση τάσεων καὶ ἐντάσεων ἐναλλασσόμενου ρεύματος μὲ τὴν χρησιμοποίηση καὶ μετασχηματιστῶν μετρήσεως.
- Ἡ μέτρηση ἐντάσεων ἐναλλασσόμενου ρεύματος μὲ τὴν ἀμπερομετρικὴ πένσα.

#### 34.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες.

Γιὰ τὴν μέτρηση τάσεων καὶ ἐντάσεων ἐναλλασσόμενου ρεύματος σὲ δίκτυα ὑψηλῆς τάσεως, καθὼς καὶ γιὰ τὴν μέτρηση μεγάλων ἐντάσεων ἐναλλασσόμενου ρεύματος σὲ δίκτυα χαμηλῆς τάσεως, χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ μετασχηματιστές, οἱ ὁποῖοι ὀνομάζονται μετασχηματιστές μετρήσεως.

Οἱ μετασχηματιστές μετρήσεως πού χρησιμεύουν γιὰ τὴν μέτρηση τάσεων ὀνομάζονται εἰδικότερα μετασχηματιστές τάσεως, ἐνῶ οἱ μετασχηματιστές πού χρησιμεύουν γιὰ τὴν μέτρηση ἐντάσεων ρεύματος ὀνομάζονται μετασχηματιστές ἐντάσεως.

Οἱ μετασχηματιστές μετρήσεως, ὅπως καὶ οἱ συνηθισμένοι μετασχηματιστές, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕναν πυρήνα ἀπὸ ἐλάσματα σιδηρομαγνητικοῦ ὑλικοῦ, γύρω ἀπὸ τὸν ὁποῖο εἶναι τυλιγμένα δύο τυλίγματα: τὸ πρωτεῦον καὶ τὸ δευτερεῦον. Τὰ τυλίγματα αὐτὰ εἶναι ἠλεκτρικὰ μονωμένα μεταξύ τους καὶ πρὸς τὸν πυρήνα. Συνήθως ἕνας ἀκροδέκτης τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος γειώνεται γιὰ λόγους προστασίας.

Τὸ πρωτεῦον τύλιγμα τῶν μετασχηματιστῶν τάσεως (σχ. 34.3α) συνδέεται παράλληλα μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ ὁποῖου θέλομε νὰ μετρήσουμε τὴν τάση, ἐνῶ στὸ δευτερεῦον τύλιγμά τους συνδέεται τὸ βολτόμετρο. Μπορεῖ στὸ δευτερεῦον τύλιγμα τῶν μετασχηματιστῶν τάσεως νὰ συνδεθοῦν καὶ ἄλλα ὄργανα, ὅπως π.χ. τὸ πηνίο τάσεως ἐνός βαττομέτρου κλπ.

Χαρακτηριστικά στοιχεία ενός μετασχηματιστή τάσεως, πού συνήθως αναγράφονται στην πινακίδα του και τά όποια αναφέρονται στην κανονική λειτουργία του, είναι τά ακόλουθα:

α) Όνομαστική τάση πρωτεύοντος και όνομαστική τάση δευτερεύοντος.

β) Όνομαστική σχέση μεταφοράς:

Είναι ό λόγος τής όνομαστικής τάσεως πρωτεύοντος διά τής όνομαστικής τάσεως δευτερεύοντος.

γ) Όνομαστική συχνότητα.

δ) Όνομαστική ισχύς:

Όποτελεϊ τή μέγιστη φαινομένη ισχύ φορτίσεως τοῦ μετασχηματιστή μέχρι τήν όποία τά σφάλματα δέν ξεπερνούν τά αντίστοιχα σφάλματα τής κατηγορίας του (τής κλάσεώς του).

ε) Όριακή ισχύς:

Είναι ή μέγιστη έπιτρεπόμενη ισχύς φορτίσεως τοῦ μετασχηματιστή μέχρι τήν όποία ή θερμοκρασία του δέν ξεπερνά τή μέγιστη έπιτρεπόμενη θερμοκρασία τοῦ μετασχηματιστή.

Ό τάση  $U_1$  τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή τάσεως δίνεται από τή σχέση:

$$U_1 = K \cdot U_2 \quad \text{σέ } V \quad (1)$$

όπου:  $K$  ή σχέση μεταφοράς τοῦ μετασχηματιστή και

$U_2$  ή αντίστοιχη τάση τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος, σέ  $V$ , τήν όποία μάς δείχνει τό βολτόμετρο.

Στούς μετασχηματιστές τάσεως είναι  $K > 1$ , γι' αυτό προκύπτει ότι  $U_1 > U_2$ .

Ό ανάλογα μέ τό μέγιστο σχετικό σφάλμα τους, οι μετασχηματιστές τάσεως κατατάσσονται στίς ακόλουθες κλάσεις:

$$0,1 \quad 0,2 \quad 0,5 \quad 1 \quad 3$$

Ό πρωτεῦον τυλίγμα τῶν μετασχηματιστῶν έντάσεως (σχ. 34.3β) συνδέεται σέ σειρά μέ τό κύκλωμα τοῦ όποίου θέλομε νά μετρήσομε τήν ένταση, ένῶ στό δευτερεῦον τυλίγμά τους συνδέεται τό άμπερόμετρο. Εϊναι δυνατό στό δευτερεῦον τυλίγμα τῶν μετασχηματιστῶν έντάσεως νά συνδεθοῦν και άλλα όργανα, όπως π.χ. τό πηνίο έντάσεως ένός βαπτομέτρου, ένα ή περισσότερα ρελαϊ προστασίας κλπ.

Ό δευτερεῦον ενός μετασχηματιστή έντάσεως δέν πρέπει ποτέ νά λειτουργεί σέ κενό, δηλαδή δέν πρέπει νά λειτουργεί χωρίς νά είναι συνδεδεμένο σ' αυτό τό άμπερόμετρο ή κάποιο άλλο όργανο, όταν από τό πρωτεῦον του περνά ήλεκτρικό ρεύμα. Για τό λόγο αυτό όχι μόνο άπαγορεύεται νά συνδεθεϊ άσφάλεια στό δευτερεῦον ενός μετασχηματι-

στή έντάσεως, αλλά υπάρχει καί κατάλληλη διάταξη μέ τήν όποία τό βραχυκυκλώνομε, όταν θέλομε νά άποσυνδέσομε τό άμπερόμετρο ή κάποιο άλλο όργανο πού εἶναι συνδεμένο σ' αὐτό.

Χαρακτηριστικά στοιχεῖα ενός μετασχηματιστή έντάσεως, πού συνήθως άναγράφονται στήν πινακίδα του καί τά όποία άναφέρονται στήν κανονική λειτουργία του, εἶναι τά ακόλουθα:

α) 'Ονομαστική ένταση πρωτεύοντος καί όνομαστική ένταση δευτερεύοντος.

β) 'Ονομαστική τάση:

Εἶναι ή τάση δικτύου μέχρι τήν όποία μπορεί νά χρησιμοποιηθεῖ ό μετασχηματιστής χωρίς κίνδυνο.

γ) 'Ονομαστική σχέση μεταφορᾶς:

Εἶναι ό λόγος τῆς όνομαστικῆς έντάσεως πρωτεύοντος διά τῆς όνομαστικῆς έντάσεως δευτερεύοντος.

δ) 'Ονομαστική συχνότητα.

ε) 'Ονομαστική έπιφόρτιση:

Εἶναι ή τιμή τῆς άντιστάσεως τοῦ δευτερεύοντος μέχρι τήν όποία τά σφάλματα δέν ξεπερνοῦν τά αντίστοιχα σφάλματα τῆς κατηγορίας του (τῆς κλάσεώς του).

στ) 'Ονομαστική ισχύς:

Εἶναι τό γινόμενο τῆς όνομαστικῆς έπιφορτίσεώς του επί τό τετράγωνο τῆς όνομαστικῆς έντάσεως τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστή.

'Η ένταση  $I_1$  τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή έντάσεως δίνεται από τή σχέση:

$$I_1 = K' \cdot I_2 \quad \text{σέ A} \quad (2)$$

όπου:  $K'$  ή σχέση μεταφορᾶς τοῦ μετασχηματιστή έντάσεως (πού εἶναι τό αντίστροφο τῆς σχέσεως μεταφορᾶς  $K$  μετασχηματιστή) καί

$I_2$  ή αντίστοιχη ένταση τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος, σέ A, τήν όποία μᾶς δείχνει τό άμπερόμετρο.

Στούς μετασχηματιστές έντάσεως εἶναι συνήθως  $K' > 1$ , γι' αὐτό προκύπτει ότι (συνήθως)  $I_1 > I_2$ .

'Ανάλογα μέ τό μέγιστο σχετικό σφάλμα τους, οι μετασχηματιστές έντάσεως κατατάσσονται στίς ακόλουθες κλάσεις:

$$0,1 \quad 0,2 \quad 0,5 \quad 1 \quad 3$$

"Ενας ειδικός συνδυασμός μετασχηματιστή έντάσεως καί άμπερομέτρου εἶναι ή άμπερομετρική πένσα (σχ. 34.3γ) πού εἶναι ένα φορητό όργανο πολύ εὔχρηστο γιά τή μέτρηση έντάσεων χωρίς νά χρειάζεται νά διακόπομε τόν άγωγό στόν όποιο θέλομε νά μετρήσομε τήν ένταση. 'Ο πυρήνας τῆς άμπερομετρικῆς πένσας άποτελεῖται από δύο μέρη,

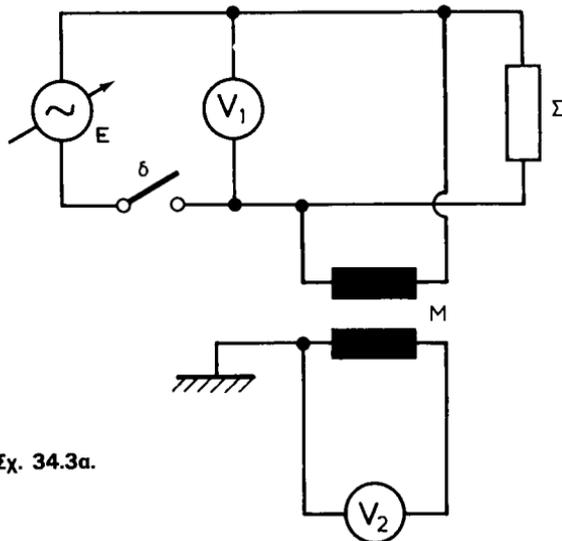
από τὰ ὁποῖα τὸ δεῦτερο (2) μπορεῖ νὰ κινηθεῖ σχετικὰ μὲ τὸ πρῶτο (1). Ὅταν πιέζομε τὸ στέλεχος 3, τὸ μέρος 2 ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ 1, ὁπότε μποροῦμε νὰ περάσομε τὸν ἀγωγὸ στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ πυρήνα τῆς πένσας. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ὁ ἀγωγὸς ἀποτελεῖ τὸ πρῶτεῦον τύλιγμα τοῦ μετασχηματιστῆ ἐντάσεως τῆς πένσας, τὸ ὁποῖο ἔτσι ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ μία σπείρα. Ἀπὸ τὸ δευτερεῖον τύλιγμα τροφοδοτεῖται τὸ ἀμπερόμετρο τῆς πένσας, στὸ ὁποῖο διαβάζομε ἀπευθείας τὴν ἔνταση ρεύματος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἡ ἀκρίβεια τῶν μετρήσεων μὲ ἀμπερομετρικὴ πένσα εἶναι μικρὴ ἀλλὰ μὲ αὐτὴν εἶναι δυνατὴ ἡ μέτρηση μεγάλων ἐντάσεων ρεύματος χωρὶς διακοπὴ τοῦ κυκλώματος (τὸ ὁποῖο πάντως πρέπει νὰ εἶναι χαμηλῆς τάσεως).

Στὴν ἄσκηση αὐτὴ θὰ γίνῃ ἀρχικὰ ἐπίδειξη μετασχηματιστῶν μετρήσεως. Στὴ συνέχεια θὰ προσδιορισθεῖ ἡ τάση ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα ἐνὸς κυκλώματος μὲ βολτόμετρο συνδεδεμένο μὲσω μετασχηματιστῆ τάσεως καὶ θὰ μετρηθεῖ ἡ ἴδια τάση ἀπευθείας μὲ βολτόμετρο γιὰ νὰ συγκριθοῦν τὰ ἀποτελέσματα. Ἐπειτα θὰ προσδιορισθεῖ ἡ ἔνταση πού περνᾷ ἀπὸ ἓνα κύκλωμα μὲ ἀμπερόμετρο συνδεδεμένο μὲσω μετασχηματιστῆ ἐντάσεως καὶ θὰ μετρηθεῖ ἡ ἴδια ἔνταση μὲ ἀμπερομετρικὴ πένσα καθὼς καὶ ἀπευθείας μὲ ἀμπερόμετρο γιὰ νὰ συγκριθοῦν τὰ ἀποτελέσματα. Τέλος θὰ μετρηθεῖ ἡ ἔνταση πού διαρρέει διάφορα ἄλλα κυκλώματα μὲ ἀμπερομετρικὴ πένσα.

### 34.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 34.3α, 34.3β), ὄργανα καὶ ὑλικά (σχ. 34.3γ).

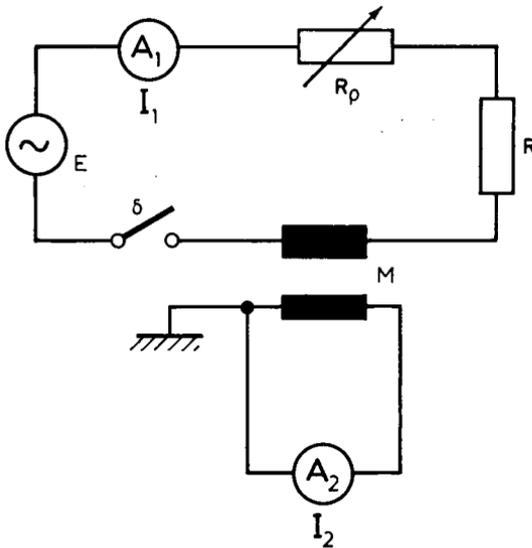
*Γιὰ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 34.3α.*



Σχ. 34.3α.

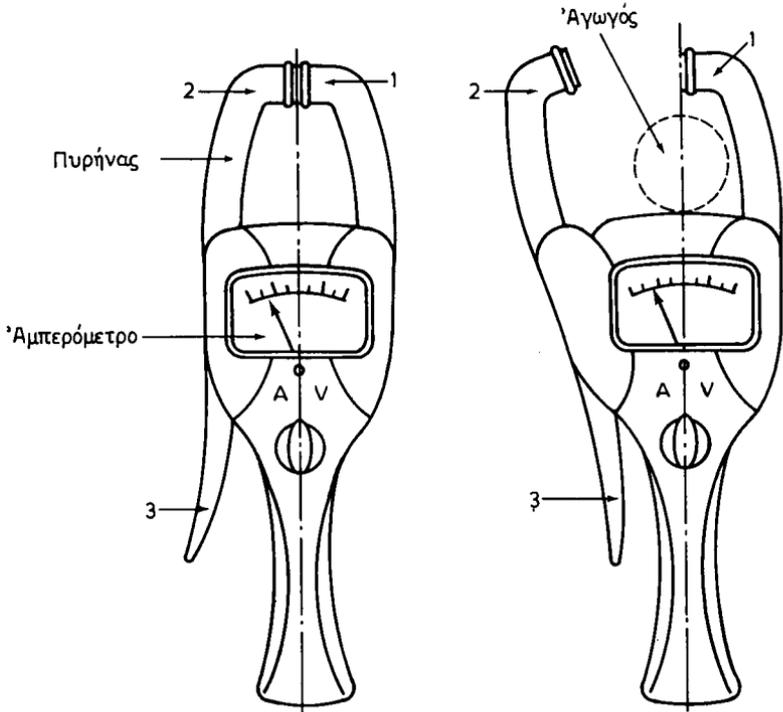
- Πηγή  $E = 0 \div 380 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .
- Μετασχηματιστής τάσεως  $M$   $380/100 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .
- Συσκευή καταναλώσεως  $\Sigma$  (π.χ. ωμική αντίσταση, δύο λυχνίες πυρακτώσεως  $200 \text{ W}$ ,  $220 \text{ V}$  συνδεδεμένες σε σειρά κλπ.) με ονομαστική τάση τουλάχιστον  $380 \text{ V}$ .
- Βολτόμετρα A.C.:  $V_1 : 0 \div 500 \text{ V}$ ,  
 $V_2 : 0 \div 100 \text{ V}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .

**Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 34.3β.**



**Σχ. 34.3β.**

- Πηγή  $E = 50 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .
- Μετασχηματιστής έντάσεως  $M$   $20/5 \text{ A}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .
- Σταθερή αντίσταση  $R = 2 \Omega$ ,  $20 \text{ A}$ .
- Ροοστάτης  $R_p$ ,  $0 \div 5 \Omega$ ,  $20 \text{ A}$ .
- Άμπερόμετρα A.C.:  $A_1 : 0 \div 25 \text{ A}$ ,  
 $A_2 : 0 \div 5 \text{ A}$ .
- Άμπερομετρική πένσα περιοχής μετρήσεως τουλάχιστον μέχρι  $20 \text{ A}$ .
- Διακόπτης  $\delta$ .



Σχ. 34.3γ.

### 34.4 Πορεία εργασίας.

#### 34.4.1 Μετασχηματιστές τάσεως και έντάσεως.

α) Ξεετάστε ένα μετασχηματιστή τάσεως του εργαστηρίου και σημειώστε στη στήλη με α/α 1 του Πίνακα 34.4.1 τα στοιχεία του. Τα στοιχεία αυτά είτε είναι γραμμένα στην πινακίδα του μετασχηματιστή είτε μπορείτε να τα συμπεράνετε είτε να τα πληροφορηθείτε από τον καθηγητή σας.

β) Επαναλάβετε την παραπάνω εργασία για έναν άλλο μετασχηματιστή τάσεως του εργαστηρίου και συμπληρώστε τη στήλη με α/α 2 του Πίνακα 34.4.1.

γ) Ξεετάστε ένα μετασχηματιστή έντάσεως του εργαστηρίου και σημειώστε στη στήλη με α/α 1 του Πίνακα 34.4.2 τα στοιχεία του. Για την εύρεση των στοιχείων αυτών Ισχύουν όσα αναφέραμε προηγουμένως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 34.4.1.

Στοιχεία $\xrightarrow{a/a}$	1	2
Τιμές ονομαστικών τάσεων		
Όνομ. σχέση μεταφοράς		
Όνομαστική συχνότητα		
Όνομαστική ισχύς		
Όριακή ισχύς		

ΠΙΝΑΚΑΣ 34.4.2.

Στοιχεία $\xrightarrow{a/a}$	1	2
Τιμές ονομαστικών εντάσεων		
Όνομαστική τάση		
Όνομ. σχέση μεταφοράς		
Όνομαστική συχνότητα		
Όνομαστική επιφόρτιση		
Όνομαστική ισχύς		

δ) Επαναλάβετε την εργασία γ για έναν άλλο μετασχηματιστή εντάσεως του εργαστηρίου και συμπληρώστε τη στήλη με  $a/a$  2 του Πίνακα 34.4.2.

### 34.4.2 Προσδιορισμός της τάσεως μέσω μετασχηματιστή τάσεως.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 34.3α με ανοικτό τό διακόπη δ.

β) Υπολογίστε τή σχέση μεταφοράς  $K$  του μετασχηματιστή τάσεως από τό λόγο των ονομαστικών τάσεων  $U_1$  και  $U_2$  ( $K = U_1/U_2$ ) ή διαβάστε την στην πινακίδα του μετασχηματιστή. Σημειώστε τήν τιμή του  $K$  στην αντίστοιχη θέση του Πίνακα 34.4.3.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τῆς τάσεως  $E$  τῆς πηγῆς, ὥστε ἡ τάση  $U_2$  τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ (πού μετριέται μέ τό βολτόμετρο  $V_2$ ) νά γίνει ἴση μέ 20 V καί σημειώστε τήν τιμή τῆς  $U_2$  στήν ἀντίστοιχη θέση τῆς σειρᾶς μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 34.4.3.

ε) Ὑπολογίστε τήν ἀντίστοιχη τιμή τῆς τάσεως  $U_1$  τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ ἀπό τή σχέση (1) τῆς παραγράφου 34.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 34.4.3.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 34.4.3.**

			K =
a/a	$U_2$ (V)	$K \cdot U_2$ (V)	$U_1$ (V)
1			
2			
3			
4			

στ) Μετρήστε ἀπευθείας (μέ τό βολτόμετρο  $V_1$ ) τήν τάση  $U_1$  τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ, σημειώστε τήν στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ παραπάνω Πίνακα καί συγκρίνετέ τήν μέ ἐκείνη πού ὑπολογίσατε παραπάνω.

ζ) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες δ, ε καί στ γιά τιμές τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος  $U_2 = 40$  V,  $U_2 = 60$  V καί  $U_2 = 80$  V καί συμπληρώστε κατάλληλα τίς σειρές τοῦ Πίνακα 34.4.3 μέ α/α 2,3 καί 4 ἀντίστοιχα.

### **34.4.3 Προσδιορισμός τῆς ἐντάσεως ρεύματος μέσω μετασχηματιστῆ ἐντάσεως.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 34.3β παρεμβάλλοντας **δλη** τήν ἀντίσταση τοῦ ροοστάτη  $R_p$  στό πρωτεῦον κύκλωμα τοῦ μετασχηματιστῆ καί μέ ἀνοικτό τό διακόπη δ.

β) Ὑπολογίστε τή σχέση μεταφορᾶς  $K'$  τοῦ μετασχηματιστῆ ἐντάσεως ἀπό τό λόγο τῶν ὀνομαστικῶν ἐντάσεων  $I_1$  καί  $I_2$  ( $K' = I_1/I_2$ ) ἢ διαβάστε τήν στήν πινακίδα τοῦ μετασχηματιστῆ. Σημειώστε τήν τιμή τοῦ  $K'$  στήν ἀντίστοιχη θέση τοῦ Πίνακα 34.4.4.

γ) Κλείστε τό διακόπη δ.

δ) Μεταβάλετε σιγά - σιγά τήν τιμή τοῦ ροοστάτη  $R_p$ , ὥστε ἡ ἐνταση ρεύματος  $I_2$  τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ (δηλαδή ἡ

ΠΙΝΑΚΑΣ 34.4.4.

				$K' =$
a/a	$I_2$ (A)	$K' \cdot I_2$ (A)	$I_1$ (A)	$I_{1,\pi}$ (A)
1				
2				
3				
4				

ένδειξη του αμπερομέτρου  $A_2$ ) νά γίνει ίση με 2 A. Σημειώστε τήν τιμή αυτή του  $I_2$  στην αντίστοιχη θέση τής σειράς με a/a 1 του Πίνακα 34.4.4.

ε) Ὑπολογίστε τήν αντίστοιχη τιμή τής έντάσεως ρεύματος  $I_1$  τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ ἀπό τή σχέση (2) τής παραγράφου 34.2 καί συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 34.4.4.

στ) Μετρήστε ἀπευθείας (μέ τό αμπερόμετρο  $A_1$ ) τήν ἔνταση  $I_1$  τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ, σημειώστε τήν στήν αντίστοιχη θέση τοῦ προηγούμενου Πίνακα καί συγκρίνετέ τήν μέ ἐκείνη πού ὑπολόγισατε προηγουμένως.

ζ) Μετρήστε μέ τήν αμπερομετρική πένσα τήν ἔνταση τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ καί σημειώστε τήν τιμή τής στή στήλη  $I_{1,\pi}$  τοῦ Πίνακα 34.4.4. Συγκρίνετε τήν τιμή τοῦ  $I_{1,\pi}$  μέ τίς τιμές τής έντάσεως πρωτεύοντος πού βρήκατε στίς ἐργασίες ε καί στ.

η) Ἐπαναλάβετε τίς ἐργασίες δ, ε, στ καί ζ γιά τιμές τής έντάσεως ρεύματος τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος  $I_2 = 3$  A,  $I_2 = 4$  A καί  $I_2 = 5$  A καί συμπληρώστε κατάλληλα τίς σειρές τοῦ Πίνακα 34.4.4 μέ a/a 2,3 καί 4 ἀντίστοιχα.

#### **Παρατήρηση:**

Ἄν ἡ παροχή τοῦ ἐργαστηρίου δέν ἐπαρκεῖ γιά τήν ταυτόχρονη ἐκτέλεση τοῦ πειράματος ἀπό ὅλες τίς ὁμάδες τῶν μαθητῶν (λόγω τῶν μεγάλων έντάσεων τοῦ πρωτεύοντος) τό πείραμα νά ἐκτελεῖται διαδοχικά πρῶτα ἀπό μιά ὁμάδα μαθητῶν, μετὰ ἀπό ἄλλη κλπ.

#### **34.4.4 Μέτρηση έντάσεων ρεύματος μέ αμπερομετρική πένσα.**

α) Ἀφοῦ ἐκλέξετε τήν κατάλληλη περιοχή μετρήσεως τής αμπερομετρικῆς πένσας, μετρήστε, χωρίς διακοπή τοῦ ἀντίστοιχου κυκλώμα-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 34.4.5.**

α/α	I (A)
1	
2	
3	

τος, τήν ένταση ρεύματος πού περνά από έναν άγωγό μιās ηλεκτρικής μηχανής ή συσκευής ή έγκαταστάσεως. Σημειώστε τήν τιμή τής έντάσεως αύτῆς στή σειρά μέ α/α 1 τοῦ Πίνακα 34.4.5.

β) Ἐπαναλάβετε τήν έργασία α για δύο άλλες έντάσεις ρεύματος και συμπληρώστε τίς σειρές μέ α/α 2 και 3 τοῦ Πίνακα 34.4.5.

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΠΕΜΠΤΗ

### ΩΜΟΜΕΤΡΑ – ΠΟΛΥΜΕΤΡΑ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΜΟΝΩΣΕΩΣ (MEGGER)

##### 35.1 Σκοπός.

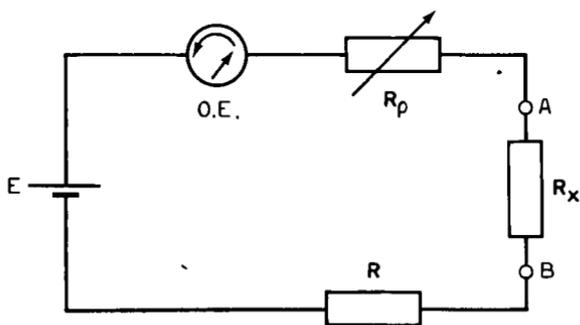
- Ἡ κατανόηση τῆς λειτουργίας καί τῆς χρήσεως τοῦ ὠμομέτρου καί τοῦ πολυμέτρου γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων.
- Ἡ μέτρηση ἀντιστάσεων μονώσεως μέ τό κατάλληλο ὄργανο, δηλαδή μέ Megger (Μέγγερ).

##### 35.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Ἐπάρχουν διάφοροι τρόποι γιά νά μετρήσουμε τό μέγεθος μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Δύο ἀπό αὐτούς, τή μέτρηση ἀντιστάσεως μέ βολτόμετρο καί ἀμπερόμετρο καί τή μέτρηση μέ χρήση τῆς γέφυρας Wheatstone, τοὺς ἐξετάσαμε σέ προηγούμενη ἀσκηση. Ἐνας ἄλλος τρόπος γιά τή μέτρηση μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως εἶναι νά χρησιμοποιήσουμε εἰδικά ὄργανα μετρήσεως πού μᾶς δείχνουν ἀπευθείας τήν τιμή τῆς ἀντιστάσεως πού μετράμε. Τέτοια ὄργανα εἶναι τά ὠμόμετρα, τά πολύμετρα καί τά Megger.

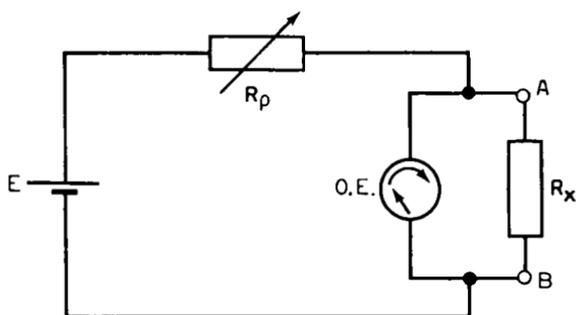
Τά ὠμόμετρα ἀνήκουν στήν κατηγορία τῶν ὀργάνων μετρήσεως μέ στρεπτό (κινητό) πηνίο. Τό ἰδιαίτερο χαρακτηριστικό τους εἶναι ὅτι μέσα στό ὄργανο ὑπάρχει πάντα καί μία ἠλεκτρική πηγή (π.χ. ἓνα ἢ περισσότερα ξηρά στοιχεῖα 1,5 V) γιά τήν παραγωγή τοῦ ρεύματος πού θά περάσει μέσα ἀπό τήν πρὸς μέτρηση ἀντίσταση, ἡ ὁποία συνδέεται στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ ὀργάνου.

Ἀνάλογα μέ τήν ἐσωτερική συνδεσμολογία τους ὑπάρχουν δύο τύποι ὠμομέτρων: τά ὠμόμετρα τύπου σειρᾶς (σχ. 35.2α) πού χρησιμοποιοῦνται συνήθως γιά μέτρηση μεγάλων ἀντιστάσεων, καί τά ὠμόμετρα παράλληλου τύπου (σχ. 35.2β) πού χρησιμοποιοῦνται γιά μέτρηση μικρῶν ἀντιστάσεων.



Σχ. 35.2α.

Ώμόμετρο τύπου σειρᾶς.



Σχ. 35.2β.

Ώμόμετρο παράλληλου τύπου.

Στά ωμόμετρα τύπου σειρᾶς τό βασικό ὄργανο πού δείχνει τίς ἐνδείξεις (O.E. στό σχῆμα 35.2α) εἶναι συνδεδεμένο σέ σειρά μέ τήν πρὸς μέτρηση ἀντίσταση  $R_x$ , ἡ ὁποία ἔχει συνδεθεῖ στούς ἀκροδέκτες A καί B. Ἡ κλίμακα τοῦ ὄργανου εἶναι βαθμολογημένη ἀπευθείας σέ  $\Omega$  (ἢ σέ  $k\Omega$ ) μέ τό μηδέν στό δεξιό μέρος. Αυτό γίνεται γιατί τό μέγιστο ρεῦμα μέσα ἀπό τό ὄργανο περνᾶ ὅταν εἶναι  $R_x = 0$ , δηλαδή ὅταν βραχυκυκλώσουμε τούς δύο ἀκροδέκτες A καί B. Οἱ ἐνδείξεις στήν κλίμακα, ἡ ὁποία μάλιστα δέν εἶναι γραμμική, αὐξάνονται ἀπό τά δεξιά πρὸς τά ἀριστερά. Ὄταν μεταξύ τῶν ἀκροδεκτῶν A καί B δέν ὑπάρχει ἀντίσταση (δηλαδή ὅταν εἶναι  $R_x = \infty$ ), ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου βρίσκεται στό ἀκρᾶτο ἀριστερό μέρος τῆς κλίμακας γιατί τότε δέν περνᾶ ρεῦμα μέσα ἀπό τό ὄργανο.

Ἐπειδή ἡ πηγή πού χρησιμοποιεῖται σέ ἕνα ωμόμετρο τύπου σειρᾶς παρουσιάζει πτώση τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς τῆς δυνάμεως μέ τό χρόνο, πρέπει πρῖν ἀπό κάθε μέτρηση νά κάνομε ρύθμιση τοῦ ὄργανου μέ τή βοήθεια τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως  $R_p$ . Γιά τό σκοπό αὐτό

βραχυκυκλώνομε τούς άκροδέκτες Α και Β και ρυθμίζομε τήν  $R_p$ , ώστε ο δείκτης νά είναι σέ πλήρη άπόκλιση, δηλαδή στό μηδέν τής κλίμακας. Τέλος ή R είναι μία σταθερή αντίσταση πού χρησιμεύει γιά τήν προστασία τού όργάνου.

Στά ώμόμετρα παράλληλου τύπου τό βασικό όργανο τών ένδείξεων Ο.Ε. βρίσκεται συνδεδέμενο παράλληλα μέ τήν πρós μέτρηση αντίσταση  $R_x$ , ή όποία πάλι συνδέεται στους άκροδέκτες Α και Β τού όργάνου. Στά όργανα αυτά τό μηδέν τής κλίμακας βρίσκεται στό άριστερό μέρος της. Δηλαδή γιά  $R_x = 0$  (βραχυκύκλωση τών άκροδεκτῶν Α και Β) δέν περνά ρεύμα μέσα από τό όργανο. Συνεπώς οι ένδείξεις αύξάνονται από άριστερά πρós τά δεξιά, όπως στα άμπερόμετρα και τά βολτόμετρα. Όταν είναι  $R_x = \infty$ , έχομε τή μέγιστη άπόκλιση τού όργάνου, πού ρυθμίζεται και έδῶ μέ τή ρυθμιστική αντίσταση  $R_p$ . Και ή κλίμακα τών ώμομέτρων παράλληλου τύπου δέν είναι γραμμική.

Τά ώμόμετρα έχουν συνήθως περισσότερες από μία κλίμακες βαθμολογημένες άπευθείας σέ  $\Omega$  και στα πολλαπλάσιά του ( $k\Omega$ ,  $M\Omega$ ). Είναι έτσι δυνατό άνάλογα μέ τή θέση ενός επιλογικού μεταγωγέα νά κάνομε μετρήσεις μέ αντίστασεις διαφόρων τάξεων μεγέθους.

Τά πολύμετρα είναι σύνθετα όργανα και χρησιμοποιοῦνται γιά τή μέτρηση τάσεων (D.C. και Α.С.), έντάσεων (D.C. και Α.С.) και ώμικῶν αντίστασεων. Ένα πολύμετρο είναι συνδυασμός ενός βασικού όργάνου ένδείξεων, πού είναι συνήθως όργανο στρεπτοῦ πηνίου και διαφόρων είδικῶν κυκλωμάτων. Η έκλογή και χρήση τού κατάλληλου κάθε φορά κυκλώματος, ώστε τό πολύμετρο νά χρησιμοποιηθεῖ ως βολτόμετρο ή άμπερόμετρο ή ώμόμετρο γίνεται είτε μέ διάφορες ύποδοχές βυσμάτων πού διαθέτει τό όργανο, είτε μέ τή βοήθεια πολλαπλῶν μεταγωγέων.

Η μέτρηση τών έναλλασσομένων μεγεθῶν γίνεται μέσω άνορθωτικής διατάξεως πού βρίσκεται μέσα στό όργανο. Στην περίπτωση μετρήσεως συνεχούς τάσεως ή συνεχούς έντάσεως, πρέπει νά συνδέεται ο θετικός άκροδέκτης τού όργάνου μέ τό θετικό πόλο τού κυκλώματος και αντίστοιχα ο άρνητικός άκροδέκτης, ένῶ στήν περίπτωση μετρήσεως έναλλασσομένων μεγεθῶν δέν ύπάρχει θέμα πολικότητας. Γιά τή μέτρηση τών αντίστασεων τά πολύμετρα, όπως και τά ώμόμετρα, έχουν έσωτερική ήλεκτρική πηγή πού είναι και έδῶ ένα ή περισσότερα ξηρά στοιχεία.

Τά πολύμετρα έχουν, συνήθως, πολλές κλίμακες (τάσεων, έντάσεων, αντίστασεων) και διάφορους άκροδέκτες ή επιλογικό μεταγωγέα γιά τίς διάφορες περιοχές μετρήσεως.

Γιά τή μέτρηση τής αντίστασεως μονώσεως τών ήλεκτρικῶν έγκα-

ταστάσεων, μηχανών, συσκευών κλπ. χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα που ονομάζονται Megger.

Τά Megger ανήκουν στην κατηγορία των οργάνων με σταυρωτά πηνία. Η τάση που χρειάζεται για τη λειτουργία τους (συνήθως πάνω από 500 V) παράγεται από μία μικρή χειροκίνητη μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό). Η ένδειξη του οργάνου είναι σχεδόν ανεξάρτητη από τις διακυμάνσεις της τάσεως όταν ο αριθμός στροφών της γεννήτριας είναι  $2 \div 3$  στροφές ανά δευτερόλεπτο.

Τά Megger δέ δίνουν με ακρίβεια την τιμή της μετρούμενης αντίστασης. Έχουν όμως τό πλεονέκτημα ότι η μέτρηση γίνεται με ύψηλή τάση, η οποία προκαλεί διασπάσεις σε σημεία με έλαττωματική μόνωση και έτσι προλαμβάνεται μία μελλοντική άνωμαλία λειτουργίας στά σημεία αυτά. Επίσης δέ χρειάζεται νά είναι γνωστή η τάση της πηγής τροφοδοτήσεως ούτε νά γίνεται ρύθμιση του μηδενός του οργάνου πριν από κάθε μέτρηση.

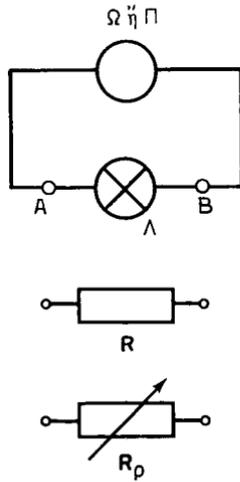
Γιά νά μετρήσουμε τή μόνωση ενός άγωγού ως προς τή γή, τόν απομονώνουμε πρώτα ήλεκτρικά από τά άλλα μέρη της έγκαταστάσεως (άσφάλειες, διακόπτες κλπ.) και συνδέουμε τόν ένα άκροδέκτη του Megger με τόν άγωγό και τόν άλλο με τή γή (σχ. 35.3β). Γιά τή μέτρηση της αντίστασεως μόνωσης μεταξύ δύο άγωγών, τούς απομονώνουμε ήλεκτρικά από τά άλλα μέρη της έγκαταστάσεως και συνδέουμε τόν ένα άκροδέκτη του Megger στον ένα άγωγό και τόν άλλο άκροδέκτη στο δεύτερο άγωγό (σχ. 35.3γ). Τέλος τό Megger μπορεί νά χρησιμοποιηθεί και για τόν έλεγχο της συνέχειας δύο άγωγών. Γιά τό σκοπό αυτό βραχυκυκλώνουμε τό τέλος του ενός άγωγού με τό τέλος του άλλου, όπως φαίνεται στη συνδεσμολογία του σχήματος 35.3δ. Στίς άρχές των δύο άγωγών συνδέουμε τό Megger και μετρούμε τή μεταξύ τους αντίσταση. "Αν η αντίσταση αυτή είναι πολύ μικρή, σημαίνει ότι δέν υπάρχει διακοπή στους άγωγούς που έξετάζουμε.

Στήν άσκηση αυτή θά γίνει άρχικά μέτρηση διαφόρων ωμικών αντίστασεων (λυχνιών πυρακτώσεως, ροοστατών κλπ.) με ωμόμετρο και πολύμετρο και στη συνέχεια θά μετρηθούν με Megger οι αντίστασεις μόνωσης των άγωγών μιας έγκαταστάσεως και θά γίνει έλεγχος της συνέχειας των άγωγών αυτών.

### 35.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες όργανα και ύλικά.

#### Γιά τή συνδεσμολογία του σχήματος 35.3α.

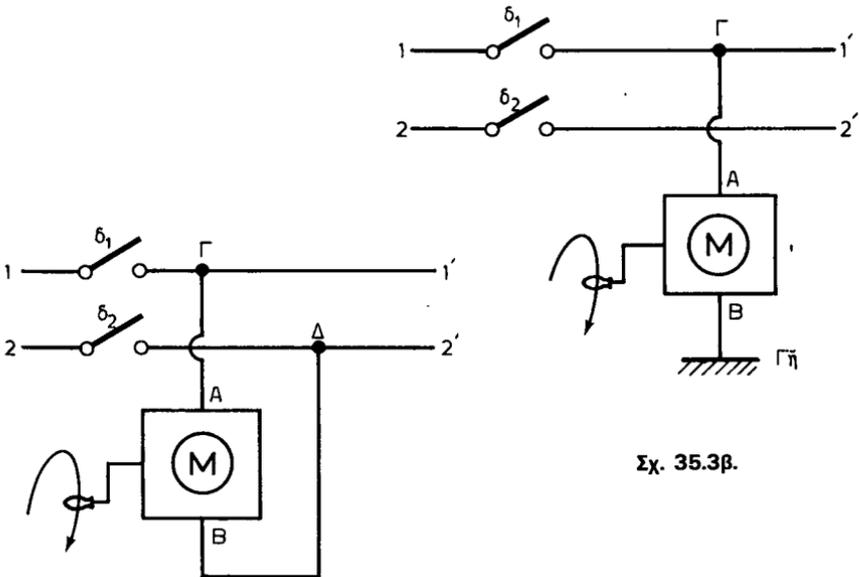
- Ωμόμετρο καταλλήλων περιοχών μετρήσεως αντίστασεων.
- Πολύμετρο καταλλήλων περιοχών μετρήσεως αντίστασεων.



Σχ. 35.3α.

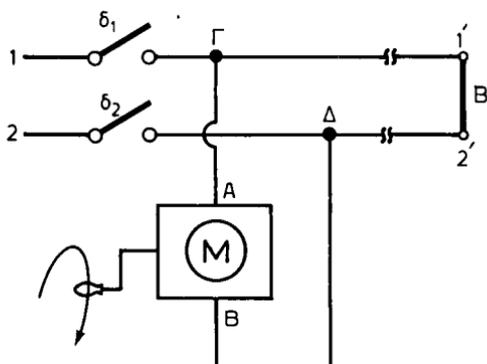
- Λυχνία πυρακτώσεως  $\Lambda$ , 200 W, 220 V.
- Σταθερή αντίσταση R.
- Ροοστάτης  $R_p$ .

**Γιά τις συνδεσμολογίες των σχημάτων 35.3β, 35.3γ και 35.3δ.**



Σχ. 35.3β.

Σχ. 35.3γ.



Σχ. 35.36.

- Δίκτυο δύο άγωγών (11' και 22').
- Όργανο Megger καταλλήλων περιοχών μετρήσεως.
- Διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2$ .
- Βραχυκυκλωτής Β.

### 35.4 Πορεία εργασίας.

#### 35.4.1 Ωμόμετρο, πολύμετρο, όργανο μετρήσεως αντίστασεων μονώσεως (Megger).

α) Έξετάστε ένα ωμόμετρο του εργαστηρίου και σημειώστε στη στήλη με α/α 1 του Πίνακα 35.4.1 τά στοιχεία του (είδος όργανου, τοποθέτηση, είδος ρεύματος, κλάση, περιοχές μετρήσεως). Τά στοιχεία αυτά είτε είναι γραμμένα στό όργανο είτε μπορείτε νά τά συμπεράνετε είτε νά τά πληροφορηθείτε άπό τόν καθηγητή σας.

β) Έπαναλάβετε τήν παραπάνω εργασία γιά ένα πολύμετρο του εργαστηρίου και συμπληρώστε κατάλληλα τή στήλη με α/α 2 του Πίνακα 35.4.1 (έδω πρέπει άκόμη νά σημειωθούν και οι περιοχές μετρήσεως τάσεων και έντάσεων του όργανου στό D.C. και στό A.C.).

γ) Έπαναλάβετε τήν εργασία α γιά ένα όργανο Megger του εργαστηρίου και συμπληρώστε κατάλληλα τή στήλη με α/α 3 του Πίνακα 35.4.1.

#### 35.4.2 Μέτρηση ώμικων αντίστασεων με ωμόμετρο και με πολύμετρο.

α) Επιλέξτε τήν κατάλληλη περιοχή μετρήσεως του ωμομέτρου γιά

**ΠΙΝΑΚΑΣ 35.4.1.**

a/a	1	2	3
Στοιχεία	Όμόμετρο	Πολύμετρο	Όργ. Megger
Είδος όργάνου			
Τοποθέτηση			
Είδος ρεύματος			
Κλάση			
Περιοχές μετρήσεως αντίστασεων			
Περιοχές μετρήσεως τάσεων			
Περιοχές μετρήσεως εντάσεων			

τή μέτρηση τής αντίστασεως τής λυχνίας Λ.

Βραχυκυκλώστε τούς δύο άκροδέκτες του όργάνου. Άν ό δείκτης του δέ δείχνει μηδενική ώμική αντίσταση, μετακινήστε τό δείκτη του σύμφωνα μέ τίς οδηγίες του κατασκευαστή, ώστε νά δείξει  $R = 0$ .

β) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 35.3α μέ τή λυχνία Λ μεταξύ των άκροδεκτών Α, Β.

γ) Μετρήστε τήν αντίσταση  $R_{\Lambda}$  τής λυχνίας καί σημειώστε την στην αντίστοιχη θέση τής σειράς μέ a/a 1 του Πίνακα 35.4.2.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 35.4.2.**

a/a	Όργανο μετρήσεως	(Ω)	$R_{\Lambda}$ (Ω)	$R_p'$ (Ω)	$R_p''$ (Ω)
1	Όμόμετρο				
2	Πολύμετρο				

δ) 'Αποσυνδέστε τή λυχνία Λ και έπαναλάβετε τήν έργασία α για τή μέτρηση τής σταθερής αντίστασews R.

ε) Συνδέστε μεταξύ τών άκροδεκτῶν Α,Β τή σταθερή αντίσταση R.

στ) 'Επαναλάβετε τήν έργασία γ για τή μέτρηση τής R και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 35.4.2.

ζ) 'Αποσυνδέστε τήν αντίσταση R και έπαναλάβετε τήν έργασία α για τή μέτρηση τής αντίστασews του ροοστάτη  $R_p$ .

η) Συνδέστε μεταξύ τών άκροδεκτῶν Α,Β του ὄργάνου τό ροοστάτη  $R_p$ .

θ) 'Επαναλάβετε τήν έργασία γ για τή μέτρηση τών τιμών  $R'_p$  και  $R''_p$  τής αντίστασews του ροοστάτη, όταν ὁ δρομέας του βρίσκεται στό μέσο του και στό δεξιό άκρο του αντίστοιχα και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 35.4.2.

ι) 'Επαναλάβετε μέ πολύμετρο αντί για ὠμόμετρο τίσ έργασίες α ὡς και θ και συμπληρώστε κατάλληλα τή σειρά μέ α/α 2 του Πίνακα 35.4.2. Συγκρίνετε τίσ τιμές τών αντίστασews πού μετρήθηκαν μέ τό πολύμετρο μέ τίσ αντίστοιχες τιμές πού μετρήθηκαν μέ τό ὠμόμετρο.

### **35.4.3 Μέτρηση αντίστασews μονώσews και έλεγχος τής συνέχειας άγωγῶν μέ Megger.**

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 35.3β μέ ανοικτούς τούς διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2$ . 'Ο άκροδέκτης Α του Megger συνδέεται μέ ένα σημείο Γ του άγωγου 11' και ὁ άκροδέκτης Β του ὄργάνου συνδέεται μέ τή γῆ.

β) Περιστρέψτε τή χειρολαβή του Megger μέ ταχύτητα περίπου  $2 \div 3$  στροφές ανά δευτερόλεπτο και παρατηρήστε τήν ένδειξή του. Σημειώστε τήν τιμή τής αντίστασews μονώσews  $R_1$  του άγωγου 11' πρὸς τή γῆ στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 35.4.3.

γ) Συνδέστε τόν άκροδέκτη Α του Megger μέ ένα σημείο Δ του άγωγου 22'. 'Ο άκροδέκτης Β του ὄργάνου έξακολουθεί νά συνδέεται μέ τή γῆ.

δ) 'Επαναλάβετε τήν έργασία β για τή μέτρηση τής αντίστασews μονώσews  $R_2$  του άγωγου 22' πρὸς τή γῆ και συμπληρώστε κατάλληλα τόν Πίνακα 35.4.3.

ε) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 35.3γ μέ ανοικτούς τούς διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2$ . 'Ο άκροδέκτης Α του Megger συνδέεται μέ ένα σημείο Γ του άγωγου 11' και ὁ άκροδέκτης του Β μέ ένα σημείο Δ του άγωγου 22'.

στ) 'Επαναλάβετε τήν έργασία β για τή μέτρηση τής αντίστασews μονώσews  $R_{1,2}$  μεταξύ τών άγωγῶν 11' και 22' και συμπληρώστε κα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 35.4.3.

$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$R_{1,2}(\Omega)$	$R'_{1,2}(\Omega)$

τάλληλα τόν Πίνακα 35.4.3.

ζ) Μέ ανοικτούς πάντοτε τούς διακόπτες  $\delta_1$  και  $\delta_2$  βραχυκυκλώστε μέ τό βραχυκυκλωτή Β τά πέρατα 1' και 2' τών άγωγών 11' και 22' αντίστοιχα (συνδεσμολογία σχήματος 35.3δ). Τώρα μέ τό Megger μπορούμε νά έλέγξομε τή συνέχεια τών άγωγών στό τμήμα Γ 1' 2' Δ.

η) Έπαναλάβετε τήν έργασία β γιά τή μέτρηση τής αντίστασεως  $R_{1,2}$  μεταξύ τών άγωγών 11' και 22' όταν είναι βραχυκυκλωμένα τά πέρατά τους 1' και 2' και σημειώστε τήν τιμή τής  $R'_{1,2}$  στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 35.4.3.

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΕΚΤΗ

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΓΕΙΩΣΕΩΣ

#### 36.1 Σκοπός.

- Ἡ μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως γειώσεως ἠλεκτροδίου μέ τή μέθοδο βολτομέτρου - ἀμπερομέτρου.
- Ἡ μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως γειώσεως ἠλεκτροδίου μέ εἰδικό ὄργανο (γειωσόμετρο).

#### 36.2 Εἰσαγωγικές πληροφορίες.

Γιά τήν ὁμαλή λειτουργία τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων ἀλλά καί γιά τήν ἀσφάλεια τῶν προσώπων πού τίς χειρίζονται, χρησιμοποιοῦνται γειώσεις, δηλαδή ἠλεκτρόδια βυθισμένα μέσα στό ἔδαφος, στά ὁποῖα συνδέονται κατάλληλα οἱ ἠλεκτρικές ἐγκαταστάσεις.

Ἡ ἀντίσταση γειώσεως ἑνός ἠλεκτροδίου, δηλαδή ἡ ἀντίσταση πού παρουσιάζεται κατά τή διέλευση τοῦ ρεύματος ἀπό τό ἠλεκτρόδιο πρὸς τή γῆ, ἐξαρτᾶται ἀπό τό ὑλικό καί τίς διαστάσεις τοῦ ἠλεκτροδίου, καθώς καί ἀπό τή φύση τοῦ ἔδαφους (δηλαδή τή σύστασή του, τή ὑγρασία του, τή θερμοκρασία του κλπ). Γιά νά ἐκπληρῶνει μία γείωση τόν προορισμό της, πρέπει ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεώς της νά μὴ ξεπερνᾷ ὀρισμένα ὅρια, τὰ ὁποῖα ὀρίζουν οἱ κανονισμοὶ τῶν ἠλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων. Ἐπειδὴ ἡ ἀντίσταση γειώσεως μεταβάλλεται μέ τήν πάροδο τοῦ χρόνου, εἶναι ἀναγκαῖο νά γίνεται ἔλεγχος τῆς τιμῆς της κατά διαστήματα.

Γιά τή μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως γειώσεως ἑνός ἠλεκτροδίου χρησιμοποιοῦνται διάφορες μέθοδοι. Μία ἀπὸ αὐτές εἶναι ἡ γνωστὴ μέθοδος μετρήσεως ἀντιστάσεων μέ βολτόμετρο καί ἀμπερόμετρο, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται ὅπως δείχνει ἡ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 36.3α. Χρησιμοποιοῦμε δηλαδή δύο βοηθητικὰ ἠλεκτρόδια  $B_1$  καί  $B_2$ , τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται ἐπίσης στό ἔδαφος στήν ἴδια εὐθεία μέ τό  $H$ , ὥστε οἱ ἀποστάσεις  $HB_1$  καί  $B_1B_2$  νά εἶναι 20 m περίπου, καί μία πηγή  $E$  ἐναλλασσόμενου ρεύματος, πού διοχετεύει στή γῆ ἠλεκτρικό ρεῦμα μέσω τοῦ

ήλεκτροδίου  $H$ , του οποίου ζητάμε την αντίσταση γειώσεως  $R$ . Αποδεικνύεται, ότι κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις η αντίσταση γειώσεως είναι:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{σέ } \Omega \quad (1)$$

όπου:  $U$  ή ένδειξη του βολτομέτρου, σέ  $V$  και  
 $I$  ή ένδειξη του άμπερομέτρου, σέ  $A$ .

Μία άλλη μέθοδος μετρήσεως της αντιστάσεως γειώσεως ενός ήλεκτροδίου είναι εκείνη κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα ειδικό όργανο, τό γειωσόμετρο, που δίνει κατευθείαν την τιμή της αντιστάσεως γειώσεως. Τό γειωσόμετρο έχει τρεις άκροδέκτες (σχ. 36.3β). Ό ένας άκροδέκτης συνδέεται μέ τό ήλεκτρόδιο  $H$  του οποίου ζητάμε την αντίσταση γειώσεως και οι άλλοι μέ δύο βοηθητικά ήλεκτρόδια  $B_1$  και  $B_2$ , τά όποια τοποθετούνται στό έδαφος στην ίδια ευθεία μέ τό  $H$ , ώστε οι αποστάσεις  $HB_1$  και  $B_1B_2$  νά είναι 20 m περίπου.

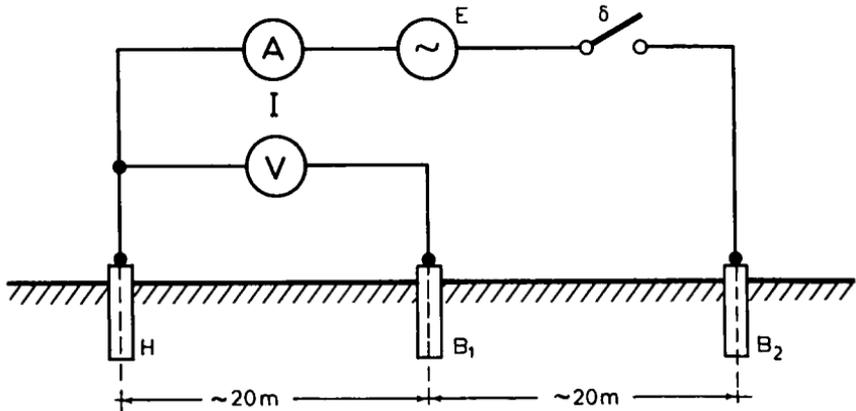
Η έσωτερική συνδεσμολογία ενός γειωσομέτρου φαίνεται στό σχήμα 36.3γ. Τό σύνθετο αυτό όργανο αποτελείται από μία μαγνητοηλεκτρική γεννήτρια  $G$  (μανιατό) και από ένα όργανο ένδειξων μέ σταυρωτά πηνία. Στόν άξονα της γεννήτριας είναι στερεωμένοι δύο μηχανικοί έναλλακτήρες πόλων  $MM'$  και  $NN'$ . Περιστρέφοντας τή χειρολαβή μέ ορισμένη ταχύτητα, η γεννήτρια παράγει συνεχές ρεύμα, τό όποιο μετατρέπεται σέ έναλλασσόμενο από τόν έναλλακτήρα πόλων  $MM'$  γιά τήν τροφοδότηση των ήλεκτροδίων. Τό πηνίο έντάσεως του όργάνου τροφοδοτείται μέ συνεχές ρεύμα έντάσεως  $i_1$  που είναι ανάλογη μέ τήν ένταση  $I$ . Τό πηνίο τάσεως τροφοδοτείται μέ ένταση συνεχούς ρεύματος  $i_2$  που είναι ανάλογη μέ τήν τάση  $U$ . Έδω ό έναλλακτήρας πόλων  $NN'$  λειτουργεί ως άνορθωτής και μετατρέπει τήν έναλλασσόμενη τάση  $U$  σέ συνεχές ρεύμα. Η απόκλιση του δείκτη του όργάνου είναι ανάλογη πρός τό λόγο  $U/I$ , δηλαδή πρός τήν αντίσταση γειώσεως  $R$  του ήλεκτροδίου.

Γιά τή μέτρηση της αντιστάσεως γειώσεως ήλεκτροδίου πρέπει τό ρεύμα που περνά μέσα από τή γη νά είναι έναλλασσόμενο μέ συχνότητα  $f$  διαφορετική από τή συχνότητα των δικτύων της  $\Delta E H$ , δηλαδή  $f \neq 50 \text{ Hz}$ . Αυτό είναι άπαραίτητο γιά νά μήν έπηρεάζεται η μέτρηση από έναλλασσόμενα ρεύματα διαφυγής συχνότητας  $f = 50 \text{ Hz}$  των δικτύων μεταφορής και διανομής ήλεκτρικής ένέργειας ή από τυχόν συνεχή ρεύματα διαφυγής (π.χ. από ήλεκτρικούς σιδηρόδρομους). Γιά τό λόγο αυτό τό γειωσόμετρο έχει στό έσωτερικό του τή διάταξη που μετατρέπει τό συνεχές ρεύμα που παράγει η μαγνητοηλεκτρική μηχανή σέ έναλλασσόμενο.

Στήν άσκηση αúτή θά προσδιορίσομε άρχικά τήν άντίσταση γειώσεως ένός ήλεκτροδίου μέ τή μέθοδο βολτομέτρου-άμπερομέτρου καί στή συνέχεια θά μετρήσομε τήν άντίσταση γειώσεως τοú ήλεκτροδίου αúτου μέ γειωσόμετρο καί θά συγκρίνομε τά άποτελέσματα.

### 36.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα καί ύλικά.

*Γιά τή συνδεσμολογία τοú σχήματος 36.3α.*

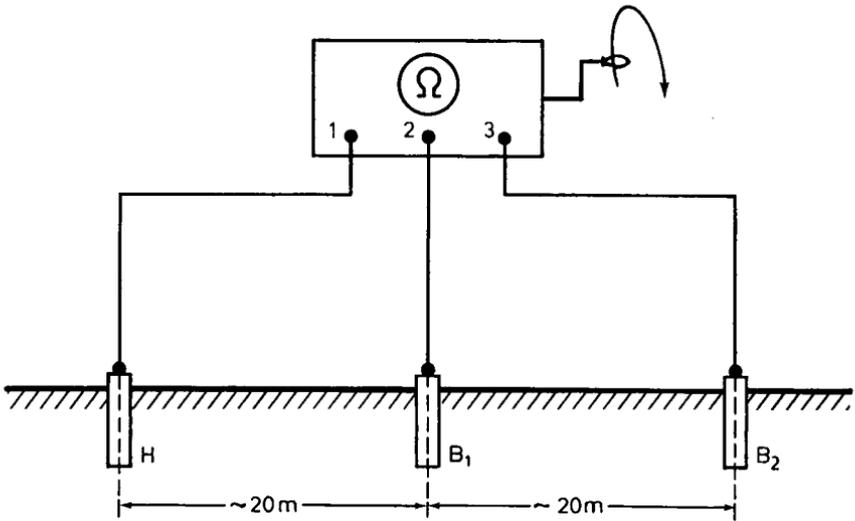


Σχ. 36.3α.

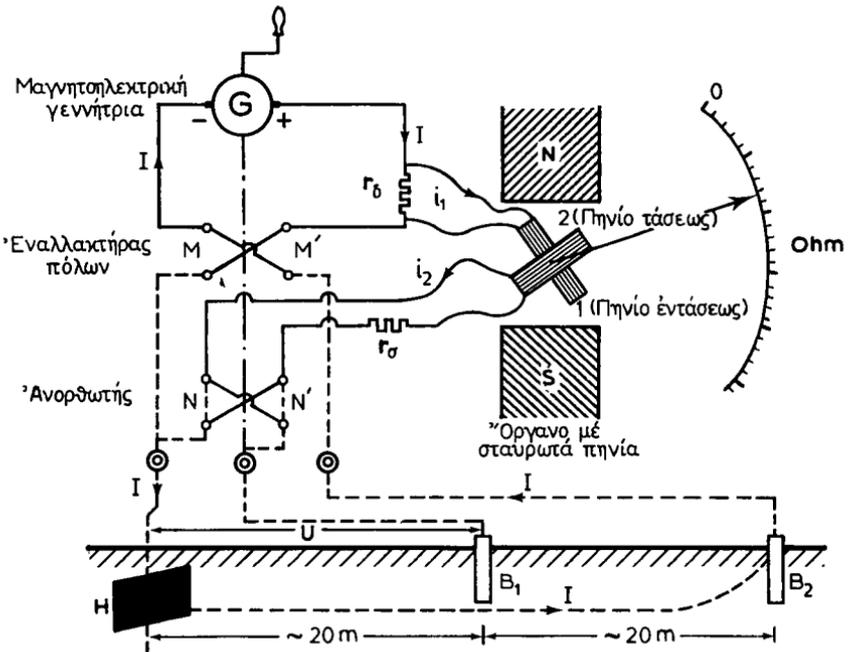
- Πηγή  $E = 100 \text{ V A.C.}$
- Άμπερόμετρο A.C. κατάλληλης περιοχής μετρήσεως.
- Βολτόμετρο  $0 \div 100 \text{ V A.C.}$
- Άλεκτρόδιο γειώσεως H (τοú όποίου ζητείται ή άντίσταση).
- Βοηθητικά ήλεκτρόδια  $B_1$  καί  $B_2$  διαμέτρου περίπου 1 cm καί μήκους περίπου 60 cm τό καθένα.
- Διακόπτης δ.

*Γιά τή συνδεσμολογία τοú σχήματος 36.3β.*

- Γειωσόμετρο.
- Άλεκτρόδιο γειώσεως H (τοú όποίου ζητείται ή άντίσταση).
- Βοηθητικά ήλεκτρόδια  $B_1$  καί  $B_2$  διαμέτρου περίπου 1 cm καί μήκους περίπου 60 cm τό καθένα.



Σχ. 36.3β.



————— Κυκλώματα συνεχούς ρεύματος  
 - - - - - Κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος

Σχ. 36.3γ.

### 36.4 Πορεία εργασίας.

#### 36.4.1 Μέτρηση αντίστασης γειώσεως ηλεκτροδίου με βολτόμετρο και άμπερόμετρο.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 36.3α με άνοικτό τό διακόπτη δ καί τοποθετήστε στό έδαφος τό ηλεκτρόδιο Η, του όποίου ζητείται ή αντίσταση καί τά δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια Β<sub>1</sub> καί Β<sub>2</sub>. Τά ηλεκτρόδια Η, Β<sub>1</sub>, Β<sub>2</sub> πρέπει νά είναι στήν ίδια εύθεια γραμμή καί νά απέχουν μεταξύ τους ανά δύο περίπου 20 m.

β) Κλείστε τό διακόπτη δ.

γ) Μετρήστε μέ τό βολτόμετρο καί τό άμπερόμετρο τήν τάση U μεταξύ των ηλεκτροδίων Η, Β<sub>1</sub> καί τήν ένταση I του κυκλώματος καί σημειώστε τίς τιμές τους στίς αντίστοιχες θέσεις του Πίνακα 36.4.1.

δ) Ύπολογίστε τήν αντίσταση γειώσεως R του ηλεκτροδίου Η από τή σχέση (1) τής παραγράφου 36.2 καί σημειώστε τήν τιμή της στήν αντίστοιχη θέση του Πίνακα 36.4.1.

#### 36.4.2 Μέτρηση αντίστασης γειώσεως ηλεκτροδίου με γειωσόμετρο.

α) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 36.3β μέ τό ηλεκτρόδιο Η καί τά δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια Β<sub>1</sub> καί Β<sub>2</sub> τής παραγράφου 36.4.1. Ό άγωγός συνδέσεως του γειωσομέτρου μέ τό Η πρέπει κατά τό δυνατό νά έχει μικρό μήκος, γιατί ή αντίστασή του μπαίνει σέ σειρά μέ τήν αντίσταση του Η καί έπηρεάζει τό αποτέλεσμα. Επίσης οι άγωγοί συνδέσεως του όργάνου μέ τά Β<sub>1</sub> καί Β<sub>2</sub> πρέπει νά είναι καλά άπλωμένοι για νά μήν ύπάρχει αύτεπαγωγή καί νά απέχουν άρκετά μεταξύ τους για άποφυγή άλληλεπιδράσεων.

β) Περιστρέψτε τή λαβή τής γεννήτριας D.C. του γειωσομέτρου μέ ταχύτητα περίπου 2 στροφές τό δευτερόλεπτο, όποτε από τά ηλεκτρόδια περνά έναλλασσόμενο ρεύμα μέ συχνότητα περίπου 35 Hz.

γ) Άκολουθώντας τίς οδηγίες του κατασκευαστή του γειωσομέτρου μετρήστε τήν τιμή τής αντίστασεως γειώσεως του ηλεκτροδίου Η καί σημειώστε την στή στήλη R' του Πίνακα 36.4.1. Συγκρίνετε τήν τιμή R' μέ τήν τιμή R που βρήκατε για τό ίδιο ηλεκτρόδιο μέ τή μέθοδο βολτομέτρου - άμπερομέτρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 36.4.1.

Ήλεκτρόδιο	U (V)	I (A)	R (Ω)	R' (Ω)
Η				

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΕΒΔΟΜΗ

### ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

#### 37.1 Σκοπός.

Ο πειραματικός προσδιορισμός με τη μέθοδο Murray (Μάρρεϋ) της θέσεως του σφάλματος γειώσεως καλωδίου (μέ το μολύβδινο μανδύα του ή με τη γή) στην περίπτωση που οι άγωγοί του καλωδίου έχουν σταθερή διατομή.

#### 37.2 Εισαγωγικές πληροφορίες.

Πολλές φορές στά ύπόγεια καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ή τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, συμβαίνουν διάφορα «σφάλματα». Τά σπουδαιότερα από αυτά είναι:

α) Η καταστροφή της μονώσεως σέ κάποιο σημείο ενός άγωγού του καλωδίου, μέ αποτέλεσμα τή γείωση του άγωγού στό σημείο αυτό, δηλαδή τή δημιουργία βραχυκυκλώματος μεταξύ του άγωγού καί τής γής ή του μολύβδινου μανδύα που περιβάλλει τό καλώδιο.

β) Η διακοπή τής συνέχειας ενός άγωγού του καλωδίου σέ κάποιο σημείο του.

γ) Η βραχυκύκλωση λόγω καταστροφής τής μονώσεως σέ κάποιο σημείο δύο ή περισσοτέρων άγωγών του καλωδίου μεταξύ τους καί ένδεχομένως καί μέ τό μολύβδινο μανδύα του καλωδίου.

Γιά νά διορθωθεί όποιοδήποτε από τά σφάλματα αυτά, πρέπει άρχικά νά βρεθεί τό είδος του σφάλματος καί στή συνέχεια νά έντοπισθεί ή άκριβής θέση του μέ κατάλληλη μέθοδο (δέν είναι πρακτικά δυνατό νά έξετασθεί τό καλώδιο σέ όλο τό μήκος του άφου είναι θαμμένο στό έδαφος).

Γιά τήν εύρεση του είδους του σφάλματος του καλωδίου χρησιμοποιείται ένα όργανο μετρήσεως αντίστάσεων μονώσεως (Megger). Γιά νά διαπιστώσμε τήν ύπαρξη σφάλματος γειώσεως ενός άγωγού του καλωδίου (περίπτωση που θά έξετάσμε στήν άσκηση αυτή), συνδέομε τόν ένα άκροδέκτη του Megger μέ τόν άγωγό καί τόν άλλο μέ τή γή.

Αυτό επαναλαμβάνεται με όλους τους άγωγούς του καλωδίου (όταν τό καλώδιο είναι πολυπολικό).

Αφού βρεθεί ποιός άγωγός έχει τό σφάλμα γειώσεως καθώς και ένας άλλος άγωγός του καλωδίου χωρίς σφάλμα γειώσεως ή διακοπής, συνδέεται άγωγή με ένα βραχυκυκλωτή τό ένα άκρο (τό τέλος) του ύγιή άγωγού με τό ένα άκρο (τό τέλος) του άγωγού που έχει τό σφάλμα (σχ. 37.3β). Στη συνέχεια με τή βοήθεια των ροοστατών  $R_3$  και  $R_4$  και μίας πηγής συνεχούς ρεύματος  $E$  σχηματίζομε στην άρχή του καλωδίου μία γέφυρα Wheatstone. Κατά τήν ίσορροπία τής γέφυρας θά ίσχύει ή σχέση:

$$\frac{l'_x}{2l - l'_x} = \frac{R_3}{R_4} \quad (1)$$

από τήν όποία προκύπτει ή ακόλουθη σχέση:

$$l'_x = 2l \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} \quad (2)$$

όπου:  $l'_x$  ή άπόσταση τής θέσεως του σφάλματος από τήν άρχή του καλωδίου, σε m,

$l$  τό μήκος κάθε άγωγού του καλωδίου, σε m και

$R_3$  και  $R_4$  οι τιμές τής αντίστασεως των ροοστατών τής γέφυρας στή θέση ίσορροπίας της, σε  $\Omega$ .

Γιά νά έχομε μεγαλύτερη ακρίβεια στό άποτέλεσμα, σχηματίζομε πάλι τή γέφυρα Wheatstone αλλά τώρα στό τέλος του καλωδίου (σχ. 37.3γ) και ύπολογίζομε τήν άπόσταση  $l''_x$  τής θέσεως του σφάλματος από τό τέλος του καλωδίου. Τότε ή άπόσταση τής θέσεως του σφάλματος από τήν άρχή του καλωδίου είναι  $l - l''_x$  και σάν τελική τιμή παίρνομε τό μέσο όρο των δύο άποτελεσμάτων, δηλαδή:

$$l_x = \frac{l'_x + l - l''_x}{2} \quad (3)$$

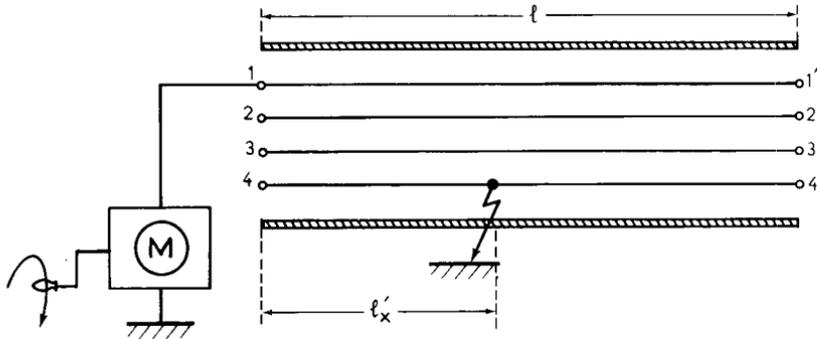
Κατά τήν εφαρμογή τής μεθόδου Murray, προς τή γη συνδέεται πάντοτε ό θετικός πόλος τής πηγής, γιατί με αυτόν τόν τρόπο ή θέση του σφάλματος γίνεται αρνητικός πόλος και προκαλείται έναπόθεση μετάλλου σ' αυτήν λόγω τής ηλεκτρολύσεως που γίνεται μέσω του έδάφους. Έτσι ή αντίσταση τής θέσεως του σφάλματος ελαττώνεται και αύξάνεται ή εύαισθησία τής γέφυρας.

Στήν άσκηση αυτή θά βρεθεί άρχικά ποιός άγωγός ενός πολυπολικού καλωδίου (που έχει άγωγούς σταθερής διατομής) έχει διαρροή προς τή γη και στή συνέχεια με τή βοήθεια ενός ύγιή άγωγού του κα-

λωδίου αυτού θά έντοπισθεῖ ἡ θέση τοῦ σφάλματος σά μέσος ὁρος δύο μετρήσεων (ἀπό τήν ἀρχή καί ἀπό τό τέλος τοῦ ἀγωγοῦ).

### 37.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καί ὑλικά.

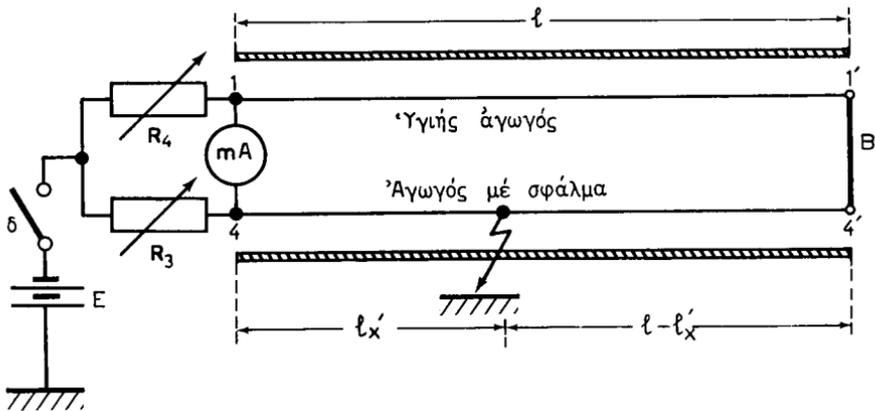
Γιά τή συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 37.3α.



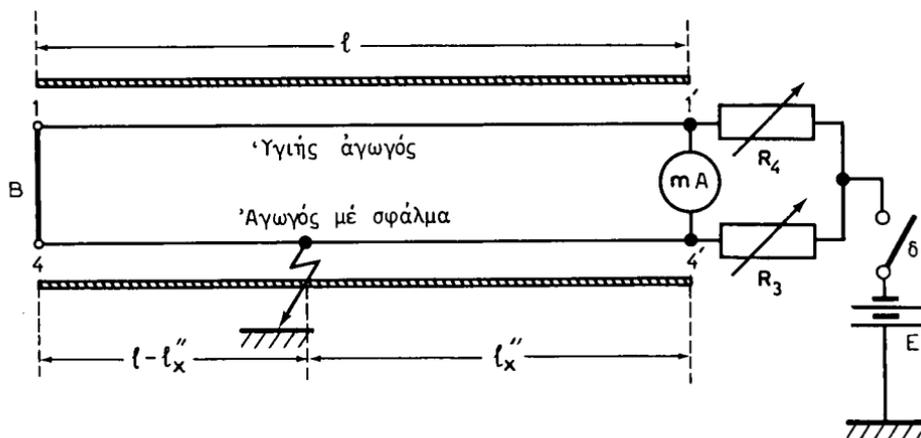
Σχ. 37.3α.

- Ἐνα τετραπολικό καλώδιο μέ ἀγωγούς σταθερῆς διατομῆς, ἕνας ἀπό τοῦς ὁποίους ἔχει σφάλμα διαρροῆς πρὸς τό μολύβδινο μανδύα τοῦ καλωδίου.
- Ὅργανο Megger.

Γιά τίς συνδεσμολογίες τῶν σχημάτων 37.3β καί 37.3γ.



Σχ. 37.3β.



Σχ. 37.3γ.

- Τό παραπάνω τετραπολικό καλώδιο.
- Πηγή E D.C.
- Ροοστάτες  $R_3$  καί  $R_4$  καταλλήλων τιμών.
- Μιλιαμπερόμετρο 1 mA - 0-1 mA D.C. ή γαλβανόμετρο με τό μηδέν στή μέση τῆς κλίμακας.
- Βραχυκυκλωτής Β.
- Διακόπτης δ.
- Μετροταινία.

### Παρατήρηση:

Ἐντὶ γιὰ τετραπολικά καλώδια μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν ἄλλα πολυπολικά καλώδια, π.χ. τριπολικά, πενταπολικά κλπ.

### 37.4 Πορεία ἐργασίας.

α) Ἀπομονώστε τό καλώδιο ἀπό τήν πηγή καί τήν κατανάλωση καί ἐκφορτίστε ὅλους τοὺς ἄγωγούς του πρὸς τή γῆ.

β) Συνδέστε τόν ἓνα ἀκροδέκτη τοῦ Megger μέ τή γῆ καί τόν ἄλλο μέ τό ἓνα ἄκρο τοῦ ἄγωγοῦ 1 (σχ. 37.3α).

γ) Περιστρέψτε τή χειρολαβή τοῦ Megger μέ ταχύτητα περίπου  $2 \div 3$  στροφές ἀνά δευτερόλεπτο καί παρατηρήστε τήν ἔνδειξή του.

Ἄν ἡ ἀντίσταση πού δείχνει τό Megger εἶναι ἀπειρη ἢ πολύ μεγάλης τιμῆς, τότε ὁ ἄγωγός πού ἐξετάζομε δέν ἔχει διαρροή πρὸς τή γῆ. Ἄν ὁμοίως ἡ ἀντίσταση εἶναι μηδέν ἢ ἔχει πολύ μικρή τιμή, τότε ὁ ἄγωγός ἔχει σφάλμα διαρροῆς πρὸς τή γῆ.

δ) Έπαναλάβετε τις εργασίες β και γ συνδέοντας τόν ένα άκροδέκτη του Megger διαδοχικά με τό ένα άκρο τών άλλων άγωγών του καλωδίου, ενώ ο άλλος άκροδέκτης του συνδέεται πάντοτε με τή γη. Μ' αυτό τόν τρόπο προσδιορίστε ποιός άγωγός του καλωδίου έχει διαρροή προς τό μανδύα του καλωδίου ή προς τή γη.

ε) Συνδέστε τώρα τόν ένα άκροδέκτη του Megger με τό ένα άκρο ενός άγωγού (όχι εκείνου πού έμφανίζει διαρροή) και τόν άλλο άκροδέκτη του Megger στό άλλο άκρο του. Περιστρέψτε τή χειρολαβή του Megger. "Αν ή ένδειξη του είναι μηδέν ή ελάχιστη, σημαίνει ότι ο άγωγός πού εξετάζομε δέν έχει ούτε σφάλμα διακοπής, άρα είναι ύγιής." Αν όμως τό Megger δείξει άπειρη ή πολύ μεγάλη αντίσταση, τότε ο άγωγός έχει διακοπή και δέν μπορεί νά χρησιμοποιηθεί στή συνέχεια τής άσκησης.

στ) Έπαναλάβετε τήν εργασία ε για τούς άλλους άγωγούς του καλωδίου (έκτός από εκείνον πού έχει τή διαρροή) και έτσι προσδιορίστε ποιού άγωγοί είναι ύγιεις (δέν έχουν ούτε σφάλμα διαρροής ούτε σφάλμα διακοπής).

ζ) Έκφορτίστε όλους τούς άγωγούς του καλωδίου προς τή γη.

η) Μετρήστε τό μήκος  $l$  κάθε άγωγού του καλωδίου και σημειώστε τήν τιμή του στόν Πίνακα 37.4.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 37.4.1.**

$l$ (m)	Συνδεσμολογία σχήματος 37.3β			Τελική τιμή τής θέσεως σφάλματος
	$R_3$ ( $\Omega$ )	$R_4$ ( $\Omega$ )	$l'_x$ (m)	
/	Συνδεσμολογία σχήματος 37.3γ			$l_x$ (m)
	$R_3$ ( $\Omega$ )	$R_4$ ( $\Omega$ )	$l''_x$ (m)	

θ) Συνδεσμολογήστε τό κύκλωμα του σχήματος 37.3β άφου βραχυκυκλώσετε προηγουμένως τό τέλος ενός ύγιη άγωγού και του άγωγού με τή διαρροή, έχοντας άνοικτό τό διακόπτη δ.

ι) Κλείστε τό διακόπτη δ.

ια) Μεταβάλετε τις αντίστασεις των ροοστατων  $R_3$  και  $R_4$ , ώστε να ισορροπήσει ή γέφυρα Wheatstone πού σχηματίστηκε, δηλαδή να μην

περνᾶ ρεῦμα ἀπὸ τὸ μιλλιαμπερόμετρο ἢ τὸ γαλβανόμετρο. Σημειώστε τὶς τιμές τῶν  $R_3$ ,  $R_4$  στὶς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 37.4.1.

ιβ) Ὑπολογίστε ἀπὸ τὴ σχέση (2) τῆς παραγράφου 37.2 τὴν ἀπόσταση  $l'_x$  τῆς θέσεως τῆς διαρροῆς καὶ σημειώστε τὴν στὸν Πίνακα 37.4.1.

ιγ) Ἀνοίξτε τὸ διακόπτη  $\delta$ . Σχηματίστε τὴ γέφυρα Wheatstone στὸ τέλος τοῦ καλωδίου βραχυκυκλώνοντας τὶς ἀρχές τῶν δύο ἀγωγῶν (σχ. 37.3γ) καὶ κλείστε τὸ διακόπτη  $\delta$ .

ιδ) Ἐπαναλάβετε τὶς ἐργασίες ια καὶ ιβ καὶ σημειώστε τὶς τιμές τῶν  $l_4$ ,  $l''_x$  στὶς ἀντίστοιχες θέσεις τοῦ Πίνακα 37.4.1.

ιε) Ὑπολογίστε ἀπὸ τὴ σχέση (3) τῆς παραγράφου 37.2 τὴν τελικὴ τιμὴ  $l_x$  τῆς ἀποστάσεως τῆς θέσεως γειώσεως ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τοῦ καλωδίου καὶ σημειώστε τὴν στὸν Πίνακα 37.4.1.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΩΤΗ

Όργανα μετρήσεως - Σφάλματα μετρήσεως - Βολτόμετρα - Άμπερόμετρα - Ροοστάτες

1.1 Σκοπός	1
1.2 Εισαγωγικές πληροφορίες	1
1.3 Άπαιτούμενα όργανα και όλικά	5
1.4 Πορεία εργασίας	5
1.4.1 Ένδειξεις άμπερομέτρων	5
1.4.2 Ένδειξεις βολτομέτρων	5
1.4.3 Ροοστάτες	7

## ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

Προσδιορισμός του βάρους και του μήκους σύρματος ή πηνίου

2.1 Σκοπός	8
2.2 Εισαγωγικές πληροφορίες	8
2.3 Άπαιτούμενα όργανα και όλικά	9
2.4 Πορεία εργασίας	9
2.4.1 Εύρεση του βάρους G (συμπλήρωση του Πίνακα 2.4.1)	9
2.4.2 Εύρεση του μήκους l (συμπλήρωση του Πίνακα 2.4.2)	10

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΤΗ

Μετρήσεις εντάσεων και τάσεων σε άπλά κυκλώματα

3.1 Σκοπός	11
3.2 Εισαγωγικές πληροφορίες	11
3.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 3.3α, 3.3β και 3.3γ), όργανα και όλικά	12
3.4 Πορεία εργασίας	13
3.4.1 Μετρήσεις εντάσεων	13
3.4.2 Ό ρόλος του διακόπτη	14
3.4.3 Μετρήσεις τάσεων	14

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΕΤΑΡΤΗ

Ήλεκτρική αντίσταση - Νόμος του Ωμ

4.1 Σκοπός	16
4.2 Εισαγωγικές πληροφορίες	16
4.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και όλικά	17
4.4 Πορεία εργασίας	18
4.4.1 Για τή συνδεσμολογία του σχήματος 4.3α	18
4.4.2 Για τή συνδεσμολογία του σχήματος 4.3β	20

## ΑΣΚΗΣΗ ΠΕΜΠΤΗ

Έξαρτηση τής αντίστασεως σύρματος από τό μήκος και τό όλικό του

5.1 Σκοπός	21
5.2 Εισαγωγικές πληροφορίες	21
5.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 5.3α), όργανα και όλικά. Διαγράμματα (σχ. 5.3β και 5.3γ)	22
5.4 Πορεία εργασίας	22

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΚΤΗ**

**Έξαρτηση της αντίστασης σύρματος από τη διατομή του - Πειραματικός προσδιορισμός της ειδικής αντίστασης**

6.1 Σκοπός .....	25
6.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	25
6.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 6.3α), όργανα και υλικά. Διάγραμμα (σχ. 6.3β) .....	26
6.4 Πορεία εργασίας .....	27

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΒΔΟΜΗ**

**Μεταβολή της αντίστασης με τη θερμοκρασία**

7.1 Σκοπός .....	29
7.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	29
7.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 7.3α, 7.3β και 7.3γ), όργανα και υλικά. Διάγραμμα (σχ. 7.3δ) .....	30
7.4 Πορεία εργασίας .....	33
7.4.1 Για τη συνδεσμολογία του σχήματος 7.3α .....	33
7.4.2 Για τη συνδεσμολογία του σχήματος 7.3β .....	33
7.4.3 Για τη συνδεσμολογία του σχήματος 7.3γ .....	34

**ΑΣΚΗΣΗ ΟΓΔΟΗ**

**Παράλληλη σύνδεση ώμικων αντιστάσεων - Ίσοδύναμη αντίσταση  
Πειραματική απόδειξη του Α' κανόνα του Κίρχωφ**

8.1 Σκοπός .....	36
8.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	36
8.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 8.3), όργανα και υλικά .....	37
8.4 Πορεία εργασίας .....	38

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΑΤΗ**

**Σύνδεση ώμικων αντιστάσεων σε σειρά - Όλικη αντίσταση  
Πτώση τάσεως σε αντίσταση σειράς**

9.1 Σκοπός .....	40
9.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	40
9.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 9.3α και 9.3β), όργανα και υλικά .....	41
9.4 Πορεία εργασίας .....	42
9.4.1 Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά .....	42
9.4.2 Πτώση τάσεως σε αντίσταση σειράς .....	43

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ**

**Έπέκταση περιοχής μετρήσεως αμπερομέτρων και βολτομέτρων**

10.1 Σκοπός .....	45
10.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	45
10.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 10.3α έως 10.3δ), όργανα και υλικά .....	47
10.4 Πορεία εργασίας .....	49
10.4.1 Συνδεσμολογίες των σχημάτων 10.3α και 10.3β .....	49
10.4.2 Συνδεσμολογίες των σχημάτων 10.3γ και 10.3δ .....	50

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΔΕΚΑΤΗ****Μικτή σύνδεση αντίστασεων - Ίσοδύναμη αντίσταση - Καταμεριστής τάσεως**

11.1 Σκοπός .....	52
11.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	
11.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά. Διάγραμμα (σχ. 11.3γ) ..	53
11.4 Πορεία εργασίας .....	54
11.4.1 Μικτή σύνδεση αντίστασεων .....	54
11.4.2 Καταμεριστής τάσεως .....	56

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΩΔΕΚΑΤΗ****Έσωτερική αντίσταση πηγής - Ό νόμος του Ώμ για τό κλειστό κύκλωμα**

12.1 Σκοπός .....	57
12.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	57
12.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 12.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 12.3β και 12.3γ) .....	58
12.4 Πορεία εργασίας .....	60
12.4.1 Προσδιορισμός της έσωτερικής αντίστασεως της πηγής .....	60
12.4.2 Έξάρτηση της εντάσεως του κυκλώματος και της πολιτικής τάσεως της πηγής από την αντίσταση του καταναλωτή .....	60

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΤΡΙΤΗ****Σύνδεση πηγών σε σειρά - Παράλληλη σύνδεση πηγών**

13.1 Σκοπός .....	62
13.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	62
13.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 13.3α, 13.3β και 13.3γ), όργανα και υλικά .....	64
13.4 Πορεία εργασίας .....	65
13.4.1 Προσδιορισμός της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως (ΗΕΔ) και της έσωτερικής αντίστασεως κάθε πηγής ξεχωριστά .....	65
13.4.2 Σύνδεση πηγών σε σειρά .....	66
13.4.3 Παράλληλη σύνδεση πηγών .....	66

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ****Μέτρηση ηλεκτρικής ισχύος - Μεταβολή της ισχύος με την τάση**

14.1 Σκοπός .....	68
14.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	68
14.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 14.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 14.3β και 14.3γ) .....	69
14.4 Πορεία εργασίας .....	71
14.4.1 Βατόμετρα .....	71
14.4.2 Πειραματικός προσδιορισμός της ισχύος. Μεταβολή της ισχύος με την τάση .....	71
14.4.2 Πειραματικός ύπολογισμός της ισχύος. Μεταβολή της ισχύος με την τάση .....	71

**ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΠΕΜΠΤΗ****Μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας**

15.1 Σκοπός .....	74
15.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	74
15.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά .....	76
15.4 Πορεία εργασίας .....	77
15.4.1 Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας .....	77
15.4.2 Πειραματικός προσδιορισμός της ηλεκτρικής ενέργειας με βολτόμετρο,	

ἀμπερόμετρο καί χρονόμετρο καί μέ βαττόμετρο καί χρονόμετρο	.... 78
15.4.3 Πειραματικός ὑπολογισμός τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας μέ μετρητὴ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας	..... 78

### ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΚΤΗ

#### Προσδιορισμός τῆς ἰσχύος συσκευῆς μέ μετρητὴ ἐνέργειας - Ἐύρεση σφάλματος μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας

16.1 Σκοπός	..... 80
16.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες	..... 80
16.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καί ὕλικά. Διάγραμμα (σχ. 16.3γ)	.. 81
16.4 Πορεία ἐργασίας	..... 83
16.4.1 Πειραματικός προσδιορισμός τῆς ἰσχύος καταναλωτῆ	..... 83
16.4.2 Μεταβολὴ τοῦ σχετικοῦ σφάλματος μετρητῆ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας μέ τὸ φορτίο του (γιά σταθερὴ τάση)	..... 84

### ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΒΔΟΜΗ

#### Ἐπερθερμανση ἀγωγοῦ ἀπὸ ὑπερένταση - Βραχυκύκλωμα - Χρῆση ἀσφαλειῶν

17.1 Σκοπός	..... 86
17.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες	..... 86
17.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καί ὕλικά	..... 87
17.4 Πορεία ἐργασίας	..... 89
17.4.1 Ἐπερθερμανση ἀγωγῶν	..... 89
17.4.2 Βραχυκύκλωμα	..... 90
17.4.3 Χρῆση ἀσφάλειας σὲ κύκλωμα	..... 91

### ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΟΓΔΟΗ

#### Μέτρηση ἀντιστάσεων - Γέφυρα Wheatstone

18.1 Σκοπός	..... 92
18.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες	..... 92
18.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες, ὄργανα καί ὕλικά	..... 94
18.4 Πορεία ἐργασίας	..... 96
18.4.1 Μέτρηση ἀντιστάσεων μέ βολτόμετρο καί ἀμπερόμετρο	..... 96
18.4.2 Μέτρηση ἀντιστάσεων μέ τὴ γέφυρα Wheatstone	..... 98
18.4.3 Μέτρηση ἀντιστάσεων μέ τὴ γέφυρα Wheatstone μέ χορδὴ	..... 98
18.4.4 Ὑπολογισμός τοῦ ἀπόλυτου καί τοῦ σχετικοῦ σφάλματος τῶν τιμῶν τῶν ἀντιστάσεων πού ὑπολογίστηκαν μέ τὴ μέθοδο βολτομέτρου - ἀμπερομέτρου	..... 99

### ΑΣΚΗΣΗ ΔΕΚΑΤΗ ΕΝΑΤΗ

#### Μαγνητικά πεδία μαγνητῶν καί πηνίων - Μαγνήτιση καί ἀπομαγνήτιση ὀλίκων

19.1 Σκοπός	..... 101
19.2 Εἰσαγωγικὲς πληροφορίες	..... 101
19.3 Ἀπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 19.3α καί 19.3β), ὄργανα καί ὕλικά. Διαγράμματα (σχ. 19.3γ 19.3δ καί 19.3ε)	..... 103
19.4 Πορεία ἐργασίας	..... 106
19.4.1 Γιά τὴν εὑρεση τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος εὐθύγραμμου καί πεταλοειδοῦς μαγνήτη	..... 106
19.4.2 Μαγνητικό πεδίο εὐθύγραμμου (σωληνοειδοῦς) πηνίου διαρρέομενου ἀπὸ ρεῦμα	..... 106
19.4.3 Μαγνήτιση καί ἀπομαγνήτιση ράβδου ἀπὸ μαλακὸ σίδηρο καί ράβδου ἀπὸ χάλυβα	..... 107

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ****Έλκτική δύναμη ηλεκτρομαγνήτη - Μαγνητική επαγωγή**

20.1 Σκοπός .....	109
20.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	109
20.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 20.3α), όργανα και όλικά. Διαγράμματα (σχ. 20.3β και 20.3γ) .....	111
20.4 Πορεία εργασίας .....	113

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΠΡΩΤΗ****Ήλεκτρομαγνητική επαγωγή**

21.1 Σκοπός .....	116
21.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	116
21.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και όλικά .....	117
21.4 Πορεία εργασίας .....	118
21.4.1 Άνάπτυξη σε πηνίο ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως και ρεύματος από επαγωγή από ένα μόνιμο μαγνήτη .....	118
21.4.2 Άνάπτυξη σε πηνίο ρεύματος από επαγωγή από έναν ηλεκτρομαγνήτη .....	120

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΔΕΥΤΕΡΗ****Δινορρέυματα - Άνάπτυξη ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων**

22.1 Σκοπός .....	123
22.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	123
22.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και όλικά. Διάγραμμα σχήματος 22.3ε .....	124
22.4 Πορεία εργασίας .....	
22.4.1 Άνάπτυξη δινορρευμάτων σε μικρή μεταλλική πλάκα .....	127
22.4.2 Άνάπτυξη δινορρευμάτων στους πυρήνες δύο πηνίων .....	128
22.4.3 Άνάπτυξη ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως σε άγωγό που βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη .....	129
22.4.4 Άνάπτυξη ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως σε άγωγό που βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο ηλεκτρομαγνήτη .....	130

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΤΡΙΤΗ****Πηνία - Ωμική και επαγωγική αντίσταση πηνίου - Έπαγωγικός ροοστάτης**

23.1 Σκοπός .....	132
23.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	132
23.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και όλικά .....	134
23.4 Πορεία εργασίας .....	136
23.4.1 Υπολογισμός της όμικης και της επαγωγικής αντιστάσεως, καθώς και του συντελεστή ατέπαγωγής πηνίου .....	136
23.4.2 Έπαγωγικός ροοστάτης .....	137

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΤΕΤΑΡΤΗ****Πυκνωτές - Χωρητική αντίσταση και χωρητικότητα πυκνωτή**

24.1 Σκοπός .....	139
24.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	139
24.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και όλικά .....	142

24.4 Πορεία εργασίας .....	144
24.4.1 Είδη πυκνωτών .....	144
24.4.2 Φόρτιση και εκφόρτιση πυκνωτή .....	144
24.4.3 Προσδιορισμός της χωρητικής αντίστασως και της χωρητικότητας πυκνωτή .....	145
24.4.4 Παράλληλη σύνδεση πυκνωτών .....	146
24.4.5 Σύνδεση πυκνωτών σε σειρά .....	147

### ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΠΕΜΠΤΗ

#### Γέφυρες για μέτρηση συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίων και χωρητικότητας πυκνω- τών

25.1 Σκοπός .....	148
25.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	148
25.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά .....	151
25.4 Πορεία εργασίας .....	154
25.4.1 Μέτρηση της ωμικής αντίστασως και του συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίου με τη γέφυρα Maxwell .....	154
25.4.2 Μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίου με τη γέφυρα μέ χορδή .....	154
25.4.3 Μέτρηση της αντίστασως άπωλειών και της χωρητικότητας πυκνωτή με τη γέφυρα Schering .....	155
*25.4.4 Μέτρηση της χωρητικότητας πυκνωτή με τη γέφυρα μέ χορδή ....	155

### ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΕΚΤΗ

#### Κύκλωμα με R, L, C σε σειρά - Συντονισμός σειράς

26.1 Σκοπός .....	157
26.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	157
26.3 Άπαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 26.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 26.3β ως 26.3δ) .....	160
26.4 Πορεία εργασίας .....	162

### ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΕΒΔΟΜΗ

#### Μέτρηση της ισχύος στο έναλλασσόμενο ρεύμα

27.1 Σκοπός .....	166
27.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	166
27.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά. Διάγραμμα σχήματος 27.3δ .....	168
27.4 Πορεία εργασίας .....	170
27.4.1 Ίσχυς έναλλασσόμενου ρεύματος σε ωμικό καταναλωτή .....	170
27.4.2 Ίσχυς έναλλασσόμενου ρεύματος σε επαγωγικό καταναλωτή .....	172
27.4.3 Ίσχυς έναλλασσόμενου ρεύματος σε χωρητικό καταναλωτή .....	173

### ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΘΗ ΟΓΔΩΗ

#### Μέτρηση του συντελεστή ισχύος καταναλωτή - Μέτρηση της συχνότητας έναλλασσόμε- νου ρεύματος

28.1 Σκοπός .....	174
28.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	174
28.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 28.3ε ως 28.3η) .....	176
28.4 Πορεία εργασίας .....	180
28.4.1 Συντελεστής ισχύος ωμικού καταναλωτή .....	180
28.4.2 Συντελεστής ισχύος επαγωγικού καταναλωτή .....	181
28.4.3 Συντελεστής ισχύος χωρητικού καταναλωτή .....	182
28.4.4 Μέτρηση συχνότητας .....	187

**ΑΣΚΗΣΗ ΕΙΚΟΣΤΗ ΕΝΑΤΗ****Βελτίωση του συντελεστή ισχύος**

29.1 Σκοπός .....	183
29.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	183
29.3 'Απαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 29.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 29.3β ως 29.3ε) .....	185
29.4 Πορεία εργασίας .....	187
29.4.1 Καταναλωτής χωρίς αντίσπαθμιση .....	187
29.4.2 'Αντισπαθμιση με τον πυκνωτή $C_1$ .....	189
29.4.3 'Αντισπαθμιση με τους πυκνωτές $C_1$ και $C_2$ .....	190

**ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ****Σύνδεση σε άστέρα τριφασικού καταναλωτή**

30.1 Σκοπός .....	191
30.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	191
30.3 'Απαιτούμενη συνδεσμολογία, όργανα και υλικά (σχ. 30.3α). Διαγράμματα (σχ. 30.3β και 30.3γ) .....	193
30.3.1 Για την περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή .....	193
30.3.2 Για την περίπτωση ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή .....	194
30.4 Πορεία εργασίας .....	196
30.4.1 Συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σε άστέρα .....	196
30.4.2 'Ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σε άστέρα .....	197

**ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΠΡΩΤΗ****Σύνδεση σε τρίγωνο τριφασικού καταναλωτή**

31.1 Σκοπός .....	199
31.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	199
31.3 'Απαιτούμενη συνδεσμολογία (σχ. 31.3α), όργανα και υλικά. Διαγράμματα (σχ. 31.3β και 31.3γ) .....	201
31.3.1 Για την περίπτωση συμμετρικού τριφασικού καταναλωτή .....	202
31.3.2 Για την περίπτωση ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή .....	202
31.4 Πορεία εργασίας .....	203
31.4.1 Συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σε τρίγωνο .....	203
31.4.2 'Ασύμμετρος τριφασικός καταναλωτής συνδεδεμένος σε τρίγωνο .....	204

**ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ****Μέτρηση τριφασικής ισχύος**

32.1 Σκοπός .....	205
32.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	205
32.3 'Απαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά .....	207
32.4 Πορεία εργασίας .....	209
32.4.1 Τριφασική ισχύς συμμετρικού καταναλωτή .....	209
32.4.2 Τριφασική ισχύς ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεδεμένου σε δίκτυο 4 άγωγων .....	210
32.4.3 Τριφασική ισχύς ασύμμετρου τριφασικού καταναλωτή συνδεδεμένου σε δίκτυο 3 άγωγων .....	211

**ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΤΡΙΤΗ****Μέτρηση τριφασικής ενέργειας**

33.1 Σκοπός .....	212
33.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	212
33.3 'Απαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και υλικά .....	214
33.4 Πορεία εργασίας .....	216

33.4.1 Τριφασικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας .....	216
33.4.2 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής ενέργειας που άπορροφά Ένας συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής: α) με βολτόμετρο, άμπε- ρόμετρο και χρονόμετρο και β) με βαττόμετρο και χρονόμετρο ....	216
33.4.3 Προσδιορισμός της ηλεκτρικής ενέργειας που άπορροφά Ένας μή συμμετρικός τριφασικός καταναλωτής με τριφασικό μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας .....	217

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΤΕΤΑΡΤΗ

### Μετασχηματιστές μετρήσεως

34.1 Σκοπός .....	219
34.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	219
34.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες (σχ. 34.3α, 34.3β), όργανα και ύλικά. Σχήμα (σχ. 34.3γ) .....	222
34.4 Πορεία εργασίας .....	224
34.4.1 Μετασχηματιστές τάσεως και εντάσεως .....	224
34.4.2 Προσδιορισμός της τάσεως μέσω μετασχηματιστή τάσεως .....	225
34.4.3 Προσδιορισμός της εντάσεως ρεύματος μέσω μετασχηματιστή εντάσεως .....	226
34.4.4 Μέτρηση εντάσεων ρεύματος με άμπερομετρική πένσα .....	227

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΠΕΜΠΤΗ

### Ώμόμετρα - Πολύμετρα - Όργανα μετρήσεως αντίστασεων μονώσεως (Megger)

35.1 Σκοπός .....	229
35.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	229
35.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά .....	232
35.4 Πορεία εργασίας .....	234
35.4.1 Ώμόμετρο, πολύμετρο, όργανο μετρήσεως αντίστασεων μονώσεως (Megger) .....	234
35.4.2 Μέτρηση ώμικών αντίστασεων με ώμόμετρο και με πολύμετρο ....	234
35.4.3 Μέτρηση αντίστασεων μονώσεως και έλεγχος της συνέχειας άγωγών με Megger .....	236

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΕΚΤΗ

### Μέτρηση αντίστασεων γειώσεως

36.1 Σκοπός .....	238
36.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	238
36.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά .....	240
36.4 Πορεία εργασίας .....	242
36.4.1 Μέτρηση αντίστασεως γειώσεως ηλεκτροδίου με βολτόμετρο και άμπερόμετρο .....	242
36.4.2 Μέτρηση αντίστασεως γειώσεως ηλεκτροδίου με γειωσόμετρο ....	242

## ΑΣΚΗΣΗ ΤΡΙΑΚΟΣΤΗ ΕΒΔΟΜΗ

### Προσδιορισμός της θέσεως σφάλματος καλωδίου

37.1 Σκοπός .....	243
37.2 Εισαγωγικές πληροφορίες .....	243
37.3 Άπαιτούμενες συνδεσμολογίες, όργανα και ύλικά .....	245
37.4 Πορεία εργασίας .....	246