



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Ι

Αντωνίου Παπαϊωάννου
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π.

Νικολάου Χαραλαμπάκη
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ





1954

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 εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

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

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

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

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

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώπης** (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/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.





ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Ι

ΤΕΥΧΟΣ Β'

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

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ



ΑΘΗΝΑ
1997





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το « Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο» απευθύνεται στους μαθητές της Β' τάξεως των Τεχνικών Λυκείων Ειδικότητας Ηλεκτρολόγου.

Στον τόμο αυτό περιέχονται θέματα - ασκήσεις, που αναφέρονται σε ηλεκτρικές μετρήσεις συνεχούς ρεύματος. Το κείμενο ακολουθεί τη σειρά με την οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές ασκήσεις έτσι, ώστε οι μαθητές να έχουν διδαχθεί προηγουμένως, στο μάθημα της Ηλεκτροτεχνίας, κατά το δυνατόν, τις βασικές θεωρητικές γνώσεις που χρειάζονται για το σκοπό αυτό.

Θεωρήσαμε σκόπιμο σε κάθε κεφάλαιο του βιβλίου να συμπληρώσομε με οδηγίες τις θεωρητικές γνώσεις των μαθητών για την επιτυχή άσκησή τους στο εργαστήριο.

Η σειρά διαδοχής του κειμένου δεν είναι απόλυτη. Μπορεί, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του εργαστηρίου στο Σχολείο ή και άλλους παράγοντες που θα εκπιμήσουν οι καθηγητές, να αλλάξει.

Το βιβλίο διαιρείται σε δύο Μέρη και στην Εισαγωγή.

Στην Εισαγωγή δίνονται ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες και οδηγίες για την επιτυχή πραγματοποίηση των ασκήσεων.

Το Α' Μέρος περιλαμβάνει Κεφάλαια που αναφέρονται σε σύντομη παρουσίαση των βασικών οργάνων και συσκευών ηλεκτρικών μετρήσεων, των χαρακτηριστικών τους, τη χρησιμότητά τους και σε οδηγίες για την αναγνώρισή τους κλπ.

Περιλαμβάνει επίσης δύο Κεφάλαια - Ασκήσεις για τις μετρήσεις της τάσεως και εντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος.

Το Β' Μέρος περιλαμβάνει βασικές ηλεκτρικές μετρήσεις στο συνεχές ρεύμα.

Κατά τη συγγραφή του τόμου αυτού λάβαμε υπόψη ότι οι μαθητές έχουν διδαχθεί στο Α' έτος σπουδών τους ορισμένες ασκήσεις από το Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων.

Παραδίδοντας το βιβλίο αυτό στην κρίση των καθηγητών ηλεκτρολόγων των Τεχνικών Λυκείων και των μαθητών, ευχαριστούμε θερμά την Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδη που μας έδωσε την ευκαιρία να συμβάλλομε με την εργασία μας αυτή στην όλη προσπάθεια για την ανάπτυξη της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσεως.

Οι Συγγραφείς

Α' ΕΚΔΟΣΗ 1980



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ – ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

0.1 Γενικά.

Θα μπορούσαμε, με τη στενή έννοια των λέξεων, να δώσομε τον παρακάτω ορισμό του « Ηλεκτρολογικού Εργαστηρίου».

Ηλεκτρολογικό εργαστήριο είναι ο χώρος που είναι κατάλληλα διαρρυθμισμένος και εξοπλισμένος με όργανα, συσκευές και μηχανήματα για την πραγματοποίηση ηλεκτρολογικών εφαρμογών. Με την έννοια αυτή ηλεκτρολογικό εργαστήριο χρησιμοποιούν οι επιστήμονες ερευνητές για την πειραματική επαλήθευση της έρευνάς τους, οι βιομηχανίες και οι βιοτεχνίες ηλεκτρικών υλικών και συσκευών για τη μελέτη και τον έλεγχο των προϊόντων τους. Ηλεκτρολογικό εργαστήριο χρησιμοποιούν και οι επιχειρήσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ΔΕΗ) για την παρακολούθηση της λειτουργίας και τη ρύθμιση των οργάνων, συσκευών και μηχανημάτων του ηλεκτρικού συστήματος και για τον έλεγχο του ηλεκτρολογικού υλικού, που χρησιμοποιούν. Στα ηλεκτρολογικά εργαστήρια που αναφέραμε εργάζονται ειδικοί ηλεκτρολόγοι κάθε στάθμης.

Απαραίτητα όμως στο ηλεκτρολογικό εργαστήριο πρέπει να έχουν μαθητεύσει και όλοι όσοι ασχολούνται με τον ηλεκτρισμό: Μελετητές, κατασκευαστές, τεχνικοί εφαρμογής, τεχνίτες. Με την πρακτική εφαρμογή της θεωρίας του ηλεκτρισμού, όλοι όσους αναφέραμε, μπορούν να ελέγχουν, συντηρούν και προλαβαίνουν βλάβες και απυχήματα από τη χρήση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, συσκευών, οργάνων και μηχανών.

Το « Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο» με την ευρύτερη έννοια περιλαμβάνει και την όλη διαδικασία της πραγματοποίησεως πρακτικών εφαρμογών ή εργαστηριακών ασκήσεων Ηλεκτρολογίας και έχει καθιερωθεί πλέον ως βασικό μάθημα σε όλα τα τεχνικά Σχολεία και στις μέσες, ανώτερες και ανώτατες σχολές.

Τό μάθημα « Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο» έχει σκοπό την εμπέδωση των θεωρητικών ηλεκτρολογικών γνώσεων. Επίσης με το « Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο» οι μαθητές θα γίνουν ικανοί για ορθή συνδεσμολόγηση, χρήση, ρύθμιση και συντήρηση των βασικών ηλεκτρικών οργάνων συσκευών και μηχανημάτων.

0.2 Ένα σχέδιο οργανώσεως του μαθητικού προσωπικού στο εργαστήριο.

Ο σκοπός που επιδιώκουν οι εργαστηριακές ασκήσεις επιτυγχάνεται με τη σωστή εκτέλεσή τους. Αυτό όμως προϋποθέτει τάξη και καλή οργάνωση του εργα-

στηρίου, τήρηση με σχολαστικότητα του κανονισμού λειτουργίας του, μελέτη του θεωρητικού μέρους κάθε ασκήσεως, ορθή και προσεκτική χρήση των οργάνων και συσκευών μετρήσεως.

Ο συντονισμός, η καθοδήγηση των μαθητών και η επίβλεψη την ώρα της ασκήσεως τους από τους καθηγητές, στο χώρο του εργαστηρίου, επιτυγχάνεται με το μοίρασμα κάθε τάξεως σε ομάδες μαθητών.

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

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

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

Οι βασικές αρμοδιότητες του επόπτη εργασίας είναι να:

- α) Παραλαμβάνει από τον υπεύθυνο της αποθήκης του εργαστηρίου τα όργανα, τις συσκευές, τα εργαλεία και το υλικό που θα χρησιμοποιήσει η ομάδα του στη συγκεκριμένη άσκηση ή στις ασκήσεις. Η παραλαβή γίνεται με χρεωστικό σημείωμα.
- β) Καθορίζει με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή τα καθήκοντα κάθε μέλους της ομάδας για την άσκηση.
- γ) Επιβλέπει την ομάδα του στην προετοιμασία της ασκήσεως (συνδεσμολογία κλπ.).
- δ) Ειδοποιεί τον υπεύθυνο καθηγητή για τον έλεγχο της συνδεσμολογίας της ασκήσεως.
- ε) Εφαρμόζει μετά την έγκριση (δ) «τάση» στο κύκλωμα.
- στ) Αναφέρει στον υπεύθυνο καθηγητή περίπτωση κακής λειτουργίας οργάνων ή συσκευών και ανωμαλίες στις μετρήσεις.
- ζ) Αποσυνδέει μετά την εκτέλεση των μετρήσεων το κύκλωμα από την πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και αναφέρει σχετικά στον υπεύθυνο καθηγητή.
- η) Επιβλέπει στη συντήρηση και τον καθαρισμό των οργάνων, συσκευών κλπ., που χρησιμοποίησε η ομάδα του.
- θ) Επιστρέφει τα υλικά που παράλαβε στον υπεύθυνο της αποθήκης, σημειώνοντας στο χρεωστικό σημείωμα ενδεχόμενες βλάβες οργάνων κλπ. και φθορές υλικού.

0.3 Συμπεριφορά των μαθητών στο Εργαστήριο.

Η συμπεριφορά των μαθητών μέσα στο εργαστήριο πρέπει να είναι πολύ προσεκτική. Δεν πρέπει να λησμονείται ότι **το ηλεκτρικό ρεύμα δεν προειδοποιεί**.

Προσοχή λοιπόν, γιατί η αμέλεια και η απροσεξία συνεπάγεται πιθανό κίνδυνο ηλεκτροπληξίας στους ασκούμενους μαθητές και ασυνήθιστες βλάβες ή φθορές στον εργαστηριακό εξοπλισμό.

Παρακάτω δίνομε μερικές συμβουλές για τους μαθητές, που μπορούν να χρησι-

μεύσουν ως οδηγός στη σύνταξη ενός κανονισμού ηλεκτρολογικού εργαστηρίου:

- α) Να μπαίνεις στο Εργαστήριο φρόνιμα, με τάξη και χωρίς καθυστέρηση.
- β) Να εργάζεσαι στην προκαθορισμένη θέση και να μην ενοχλείς τους συμμα-
θητές σου.
- γ) Να χρησιμοποιείς πάντοτε το κατάλληλο εργαλείο για κάθε εργασία. Οι πρό-
χειρες λύσεις δημιουργούν προβλήματα ασφάλειας και δεν εξασφαλίζουν έγ-
καιρη και σωστή εργασία.
- δ) Να διατηρείς τα όργανα, τις συσκευές και τα εργαλεία σε καλή κατάσταση,
σαν να ήταν δικά σου.
- ε) Μη μιλάς ποτέ στο χειριστή οποιουδήποτε οργάνου ή μηχανής.
- στ) Μην ενεργείς ριψοκίνδυνα.
- ζ) Η ασφαλής εργασία προϋποθέτει καλό αερισμό και επαρκή φωτισμό. Αν ε-
ξαρτάται από σένα, φρόντισε να τα εξασφαλίσεις.
- η) Μην παίζεις με την ασφάλεια των άλλων. Μην κάνεις φάρσες και αστεία, εί-
ναι επικίνδυνο.
- θ) Το μέρος που εργάζεσαι πρέπει, όταν τελειώσεις την εργασία σου, να το α-
φήνεις στην κατάσταση που το βρήκες όταν άρχισες. **Καθαριότητα και τάξη.**
- ι) Προτού αρχίσεις μία μέτρηση ενημέρωσε τον επόπτη της ομάδας σου.
- ια) Μη σπαταλάς υλικά και χρόνο και τα δύο κοστίζουν πολύ.
- ιβ) Φρόντισε πάντα η δουλειά σου να είναι σωστή.
- ιγ) Η απροσεξία δεν δικαιολογείται. Αν δεν είσαι σίγουρος για κάτι ζήτησε τη
βοήθεια των συμμαθητών σου και του καθηγητή σου.
- ιδ) Προτού φύγεις από το Εργαστήριο στο τέλος κάθε περιόδου αξιολόγησε
τον εαυτό σου, ώστε προς την τίրηση του κανονισμού λειτουργίας του Εργα-
στηρίου.

0.4 Προετοιμασία – Εκτέλεση ασκήσεως.

- α) Πριν από οποιαδήποτε συνδεσμολογία, σχεδιάζεται το ηλεκτρικό κύκλωμα
της ασκήσεως και σημειώνονται τα όργανα, οι συσκευές, τα δοκίμια και τα υ-
λικά που θα χρησιμοποιηθούν.
- β) Πραγματοποιείται η συνδεσμολογία της ασκήσεως έτσι, ώστε τα όργανα και
οι συσκευές να τοποθετηθούν επάνω στον πάγκο εργασίας σε τέτοιες θέσεις
που και ο χειρισμός τους να είναι εύκολος και η ανάγνωση των ενδείξεών
τους άνετη από κάθε μαθητή της ομάδας.
- γ) Ελέγχεται η δυνατότητα των οργάνων για τη συγκεκριμένη άσκηση και εκλέ-
γεται η κατάλληλη κλίμακα.
- δ) Ειδοποιείται από τον επόπτη της ομάδας ο υπεύθυνος καθηγητής για τον
έλεγχο της συνδεσμολογίας.
- ε) Εφ' όσον δοθεί η έγκριση του καθηγητή, ο επόπτης της ομάδας εφαρμόζει
τάση στο κύκλωμα και ελέγχεται η απόκλιση των δεικτών των οργάνων μή-
πως υπερβαίνουν τα όρια της κλίμακας. Αν συμβεί κάτι τέτοιο διακόπτεται α-
μέσως η τάση.
- στ) Μετά το έλεγχο της συνδεσμολογίας και των οργάνων, εκτελούνται οι μετρή-
σεις με προσοχή και καταγράφονται τα αποτελέσματα. Κάθε μέτρηση εκτε-
λείται εκ περιτροπής από όλους τους μαθητές της ομάδας.

ζ) Μετά την εκτέλεση των μετρήσεων αποσυνδέεται η πηγή. Ειδοποιείται γι' αυτό ο καθηγητής.

Γίνονται υπολογισμοί κλπ. και υποβάλλονται στον καθηγητή για έγκριση και θεώρηση. Αν κάτι δεν πήγε καλά, οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται.

Τελικά η εργασία στο εργαστήριο τελειώνει με μια σύντομη περιγραφή κάθε ασκήσεως στο τετράδιο, που θα έχει καθορισθεί από τον κανονισμό του εργαστηρίου. Μια τέτοια περιγραφή μπορεί να περιλαμβάνει για κάθε ασκηση:

- Τα πλήρη στοιχεία (κατασκευαστής, αρ. μητρώου κλπ.) των οργάνων, μηχανών και συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν.
 - Τα στοιχεία των αντικειμένων δοκιμής.
 - Τη συνδεσμολογία της ασκήσεως.
 - Τον τρόπο διεξαγωγής της ασκήσεως και τα αποτελέσματα.
 - Παρατηρήσεις, κρίσεις και σχόλια για την ασκηση.
-

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1.1 Γενικά.

Η πραγματοποίηση των εφαρμογών στο εργαστήριο επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των οργάνων ηλεκτρικών μετρήσεων και ορισμένων ηλεκτρικών συσκευών. Εδώ θα περιορισθούμε σε μια σύντομη παρουσίαση των βασικών οργάνων και συσκευών. Για τη γενικότερη συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά τους, θα κάνομε λόγο στα κεφάλαια που ακολουθούν και αναφέρονται σε συγκεκριμένες μετρήσεις και εφαρμογές. Πρέπει όμως από την αρχή να γνωρίζομε ένα βασικό κανόνα: *Για το χειρισμό γενικά, ενδός οργάνου, μιας ηλεκτρικής μηχανής ή μιας συσκευής, πρέπει να ακολουθουνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή τους.* Έτσι επιτυγχάνομε με ακρίβεια τη μέτρησή μας αλλά και προφυλάσσουμε το όργανο, το μηχάνημα ή τη συσκευή από βλάβες.

1.2 Οργανα ηλεκτρικών μετρήσεων.

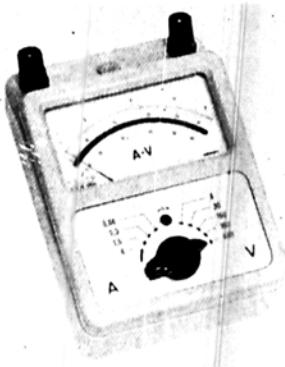
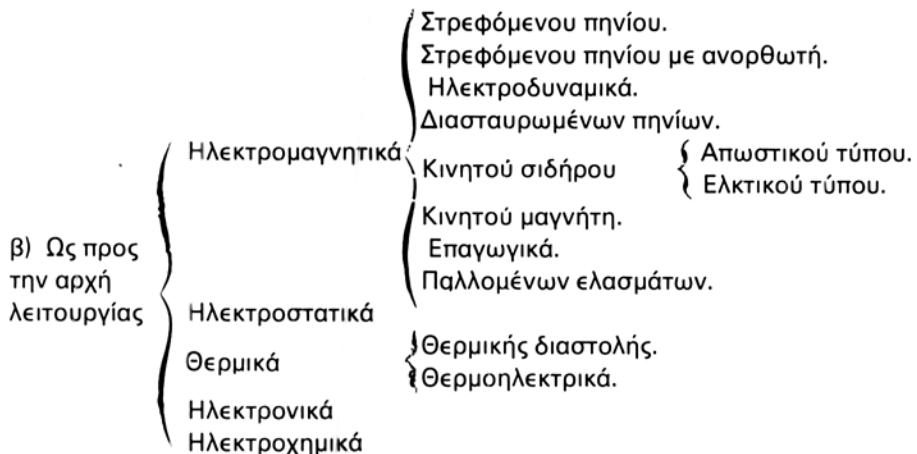
Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση διαφόρων ηλεκτρικών μεγεθών, όπως η ηλεκτρική τάση, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, η ηλεκτρική αντίσταση κλπ.

Με τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων μπορούμε να μετρήσουμε και μεγέθη μη ηλεκτρικά, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία κλπ. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατάλληλη αναγωγή τους σε μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών.

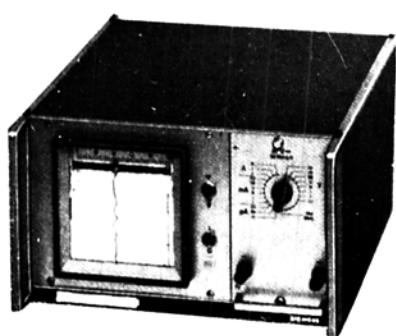
Επίσης, με τη βοήθεια των ηλεκτρικών οργάνων παρακολουθούμε και ελέγχουμε τη σωστή λειτουργία μηχανών και εγκαταστάσεων.

Τα όργανα των ηλεκτρικών μετρήσεων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: ως προς το σύστημα μετρήσεως και ως προς την αρχή λειτουργίας.

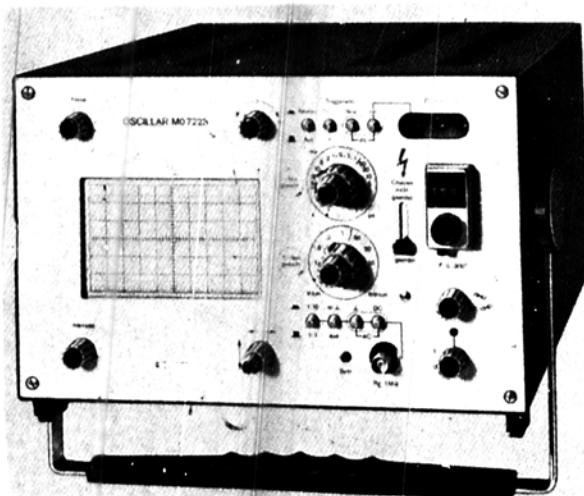
- | | | |
|----------------------------------|---|--|
| a) Ως προς το σύστημα μετρήσεως. | <p>Ενδεικτικά:</p> <p>Καταγραφικά:</p> <p>Παλμογράφοι:</p> <p>Αθροιστικά:</p> | <p>Έχομε την ένδειξη κατά την ώρα λειτουργίας του οργάνου (σχ. 1.2α).</p> <p>Οι μεταβολές του μεγέθους που ελέγχουμε αποτυπώνονται σε χαρτί (σχ. 1.2β).</p> <p>Ηλεκτρονικά όργανα. Το μέγεθος που μετράμε παρουσιάζεται με τη μορφή φωτεινής εικόνας (Σχ. 1.2γ).</p> <p>Στα όργανα αυτά σε προηγούμενη ένδειξη προστίθεται μια νέα (σχ. 1.2δ).</p> |
|----------------------------------|---|--|



Σχ. 1.2α.
Ενδεικτικό όργανο



Σχ. 1.2β.
Καταγραφικό όργανο.



Σχ. 1.2γ.
Παλμογράφος.

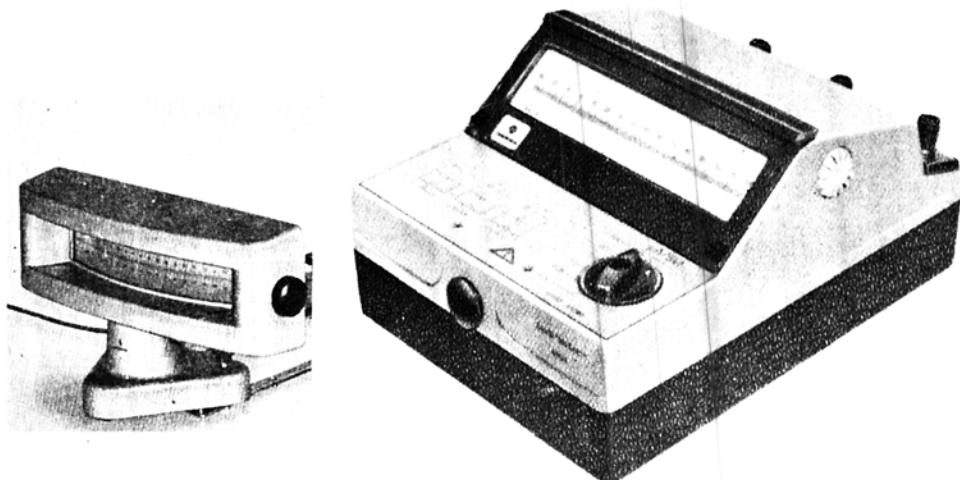


Σχ. 1.2δ.
Αθροιστικό όργανο.

Υπάρχουν και μικτοί τύποι οργάνων ηλεκτρικών μετρήσεων, όπως όργανα ηλεκτροδυναμικά με διασταυρωμένα πηνία, κινητού μαγνήτη με διασταυρωμένα πηνία κλπ.

Η ονομασία των οργάνων ηλεκτρικών μετρήσεων προκύπτει, συνήθως, από το ηλεκτρικό μέγεθος που μετρούν ή τη μονάδα μετρήσεως του μεγέθους. Έτσι για τις μετρήσεις της ηλεκτρικής τάσεως χρησιμοποιούμε τα βολτόμετρα, της εντάσεως τα αμπερόμετρα, της αντιστάσεως τα ωμόμετρα, της ισχύος τα βαττόμετρα, της συχνότητας τα συχνόμετρα, του συντελεστή ισχύος τα συνημιτονόμετρα κλπ.

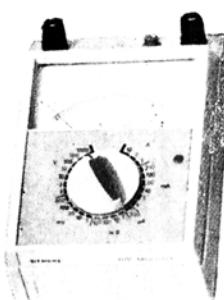
Στις ηλεκτρικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται επίσης και τα γαλβανόμετρα (σχ. 1.2ε) με τα οποία μπορούμε να μετρήσουμε πολύ μικρές εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος ή τάσεις π.χ. της τάξεως των 10^{-11} A και 10^{-8} V.



Σχ. 1.2ε.
Γαλβανόμετρο.



Ⓐ



Ⓑ

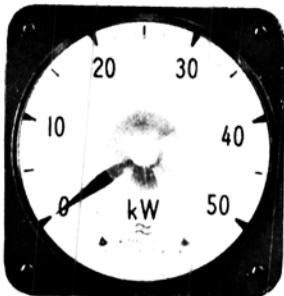


Ⓒ

Σχ. 1.2στ.

Φορητά όργανα μετρήσεως. α) Μιλλιαμπερόμετρο. β) Βολτόμετρο. γ) Πολύμετρο.

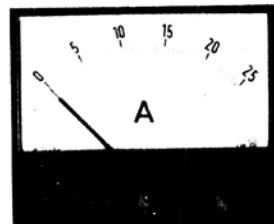
Τα παραπάνω όργανα μετρήσεως χρησιμοποιούνται φορητά (σχ. 1.2στ) ή σταθερά τοποθετημένα σε πίνακα (σχ. 1.2ζ).



(a)



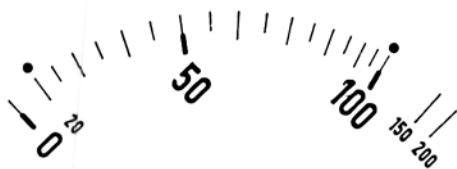
(b)



(c)

Σχ. 1.2ζ.

Όργανα σταθερά τοποθετημένα σε πίνακα. α) Βαττόμετρο. β) Βολτόμετρο. γ) Αμπερόμετρο.



Σχ. 1.2η.

Περιοχές μετρήσεως και ενδείξεως.

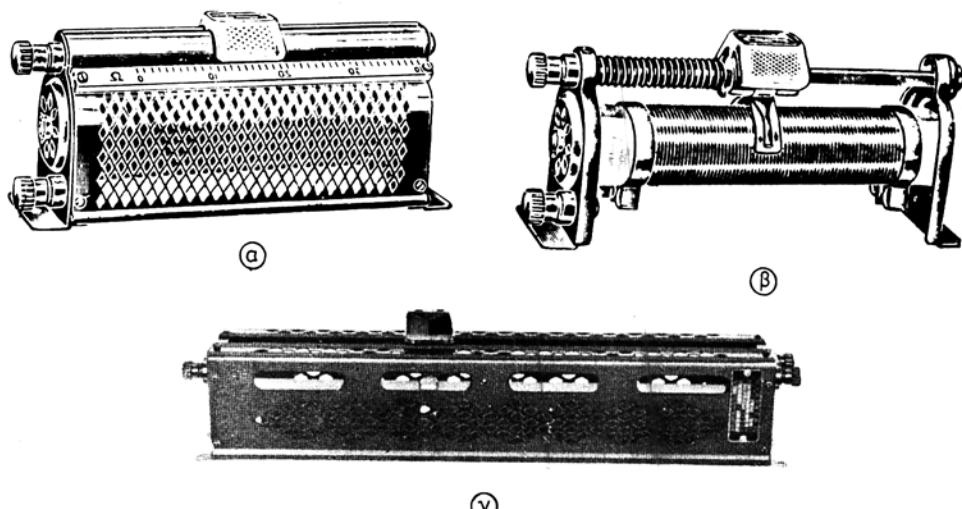
Στην κλίμακα κάθε οργάνου διακρίνομε **την περιοχή μετρήσεως** που είναι η περιοχή των τιμών της κλίμακας και **την περιοχή ενδείξεως**, που είναι τμήμα της περιοχής μετρήσεως μέσα στο οποίο ισχύει η ακρίβεια του οργάνου που δίνει ο κατασκευαστής του. Τα άκρα της περιοχής αυτής σημειώνονται, συνήθως, με δύο τελείες ή αστερίσκο (σχ. 1.2η).

1.3 Συσκευές.

Οι κυριότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται στο Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο είναι:

a) Ρυθμιστικές αντιστάσεις (σχ. 1.3α).

Κατασκευάζονται από μεταλλικό σύρμα ειδικών κραμάτων, όπως μαγγανίνη

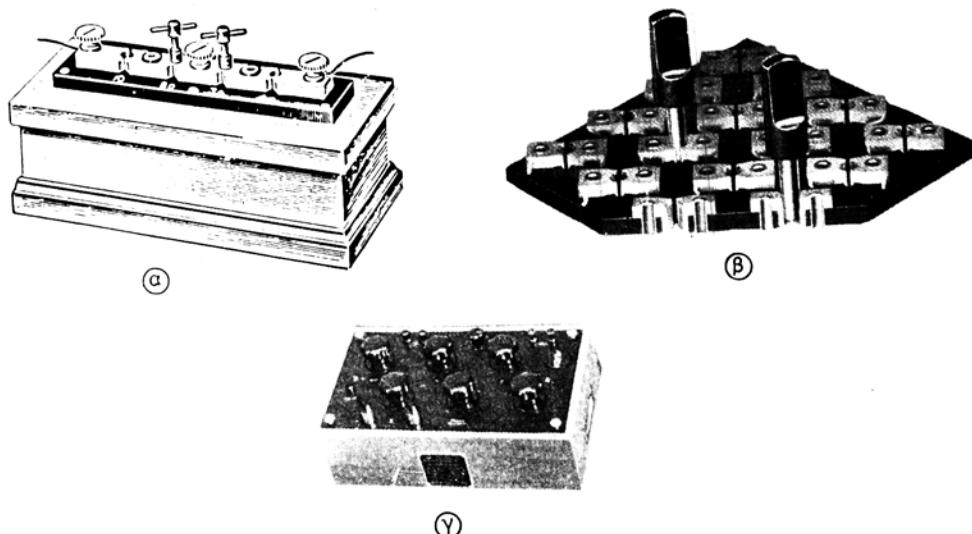


Σχ. 1.3α.
Ρυθμιστικές αντιστάσεις.

(κράμα χαλκού 86%, Νικελίου 2%, Μαγγανίου 12%) και κονσταντάν (κράμα χαλκού 54%, Νικελίου 45%, Μαγγανίου 1%), τυλιγμένο σε κύλινδρο από πορσελάνη ή κεραμικό μονωτικό υλικό.

β) Κιβώτια μεταβλητών αντιστάσεων.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι κιβωτίων αντιστάσεων. Τα συνηθισμένα βυσματοφόρα, τα βυσματοφόρα δεκαδικά και τα στροφαλοφόρα δεκαδικά. Στο σχήμα 1.3β φαίνονται διάφοροι τύποι κιβωτίων μεταβλητών αντιστάσεων.



Διάφοροι τύποι κιβωτίων μεταβλητών αντιστάσεων. α) Απλοί. β) Βυσματοφόρο δεκαδικό. γ) Στροφαλοφόρο δεκαδικό.

Ως υλικό αντιστάσεως στα κιβώτια μεταβλητών αντιστάσεων χρησιμοποιείται μαγγανίνη ή άλλα κράματα με μικρό συντελεστή θερμοκρασίας.

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ένα μειονέκτημα των κιβωτίων μεταβλητών αντιστάσεων: Είναι η γρήγορη οξείδωση των επαφών και βυσμάτων, με αποτέλεσμα την αύξηση των αντιστάσεων διαβάσεως και επομένως την αλλοίωση των μετρήσεων στο κύκλωμα που είναι συνδεδεμένα τα κιβώτια. **Για το λόγο αυτό πριν από κάθε χρήση κιβωτίου αντιστάσεων θα πρέπει να καθαριστούν οι επαφές του με επιμέλεια.** Οι επαφές και τα βύσματα μπορεί να καθαριστούν με την αλοιφή που χρησιμοποιείται για τη στίλβωση των ορειχάλκινων αντικειμένων. Για την αφαίρεση λιπαρών ουσιών χρησιμοποιείται και τετραχλωριούχος άνθρακας. Μετά τον καθαρισμό των επαφών, για να ελαττωθεί η φυσική οξείδωση, επαλείφονται με καθαρή βαζελίνη (χωρίς οξέα) ή με καθαρό παραφινέλαιο. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα μέσα αυτά της λιπάνσεως δεν μειώνουν την αγωγιμότητα των επαφών.

γ) Καταμεριστές τάσεως.

Οι καταμεριστές τάσεως είναι συσκευές με τις οποίες επιτυγχάνομε τον ύποβι-βασμό της τάσεως ηλεκτρικού δικτύου. Ένας από τους περισσότερο χρησιμο-ποιούμενους καταμεριστές τάσεως είναι το ποτενσιόμετρο (σχ. 1.3γ).



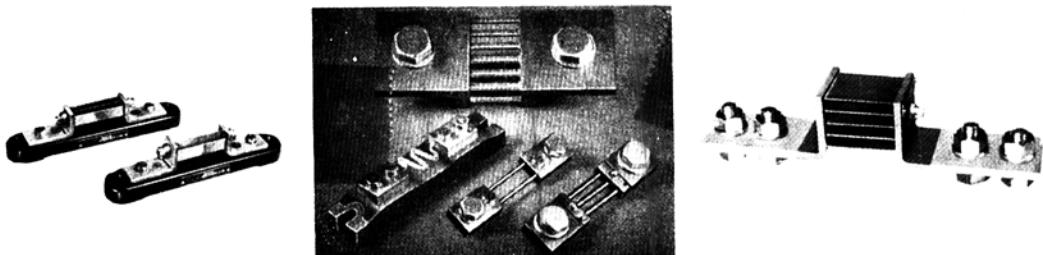
Σχ. 1.3γ.
Ποτενσιόμετρο (καταμεριστής τάσεως).

Τα ποτενσιόμετρα διακρίνονται σε ποτενσιόμετρα άνθρακα και σύρματος. Τα ποτενσιόμετρα άνθρακα κατασκευάζονται για μικρές ισχείς μέχρι 2 W και για αντιστάσεις από 500 Ω μέχρι 10.000.000 Ω (10 MΩ) και χρησιμοποιούνται κυρίως σε ραδιοτεχνικές εφαρμογές.

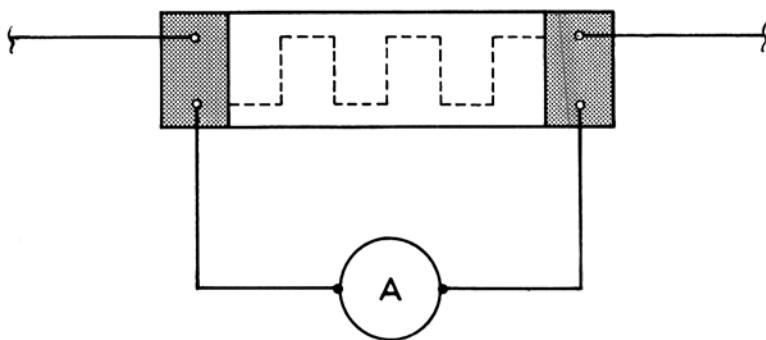
Τα ποτενσιόμετρα σύρματος κατασκευάζονται από σύρμα χρωμονικελίνης (κράμα Νικελίου 80%, Χρωμίου 20% - 22%) ή άλλο κατάλληλο κράμα τυλιγμένο σε κεραμικό μονωτικό υλικό και για αντιστάσεις από μερικά Ω μέχρι 50.000 Ω (50 KΩ).

δ) Αντιστάσεις διακλαδώσεως.

Οι αντιστάσεις διακλαδώσεως (διεθνής ονομασία Shunt) (σχ. 1.3δ), χρησιμο-



Σχ. 1.3δ.
Αντιστάσεις διακλαδώσεως (Shunt).



Σχ. 1.3ε.
Σύνδεση Shunt σε αμπερόμετρο.

ποιούνται για την επέκταση της περιοχής μετρήσεως των αμπερομέτρων. Κατασκευάζονται από κράματα μετάλλων με μικρό συντελεστή θερμοκρασίας, όπως η Μαγγανίνη και συνδέονται **πάντα παράλληλα** με το όργανο (σχ. 1.3ε).

Υπάρχουν απλά και πολλαπλά Shunt. Τα πολλαπλά Shunt είναι κατάλληλα για περισσότερες περιοχές μετρήσεως.

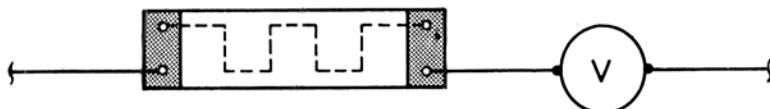
Συνήθως κάθε αμπερόμετρο συνοδεύεται και από μία σειρά Shunt για την επέκταση της περιοχής μετρήσεώς του. Έτσι ένα αμπερόμετρο με περιοχή μετρήσεως $0 \div 1A$ μπορεί με το κατάλληλο Shunt να μετρά σε πλήρη απόκλιση της βελόνας του εντάσεις $5A$, $10A$, $20A$ κ.ο.κ. Αντιστάσεις διακλαδώσεως ενσωματωμένες σε αμπερόμετρο μας δίνουν ένα όργανο με περισσότερες από μία περιοχές μετρήσεως (σχ. 1.3στ.).



Σχ. 1.3στ.
Κλίμακα αμπερόμετρου τριών περιοχών μετρήσεως.

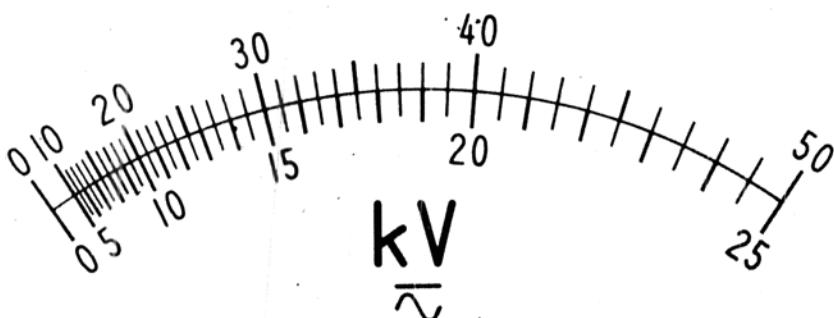
ε) Αντιστάσεις σειράς ή Αντιστάτες (Resistor).

Στα βολτόμετρα, όπως στα αμπερόμετρα, για την επέκταση της περιοχής μετρήσεώς τους χρησιμοποιούνται αντιστάσεις ή κιβώτια αντιστάσεως που συνδέονται όμως **σε σειρά με το όργανο**. Γι' αυτό και λέγονται αντιστάσεις σειράς (σχ. 1.3ζ).



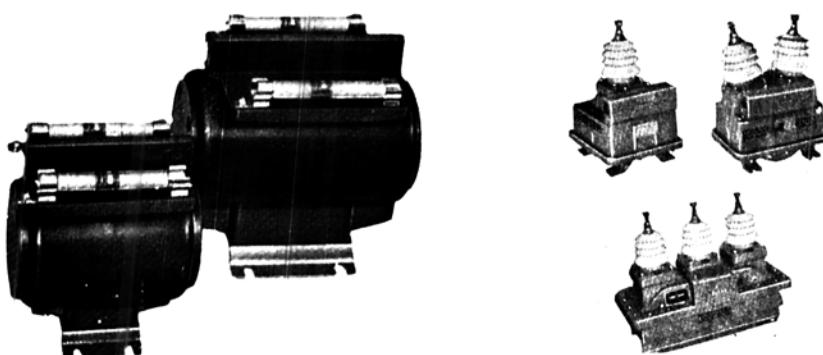
Σχ. 1.3ζ.

Σύνδεση αντιστάσεως σειράς σε βολτόμετρο.



Σχ. 1.3η.

Μεταβλητή κλίμακα βολτόμετρου.



Σχ. 1.3θ.

Μετασχηματιστές τάσεως.

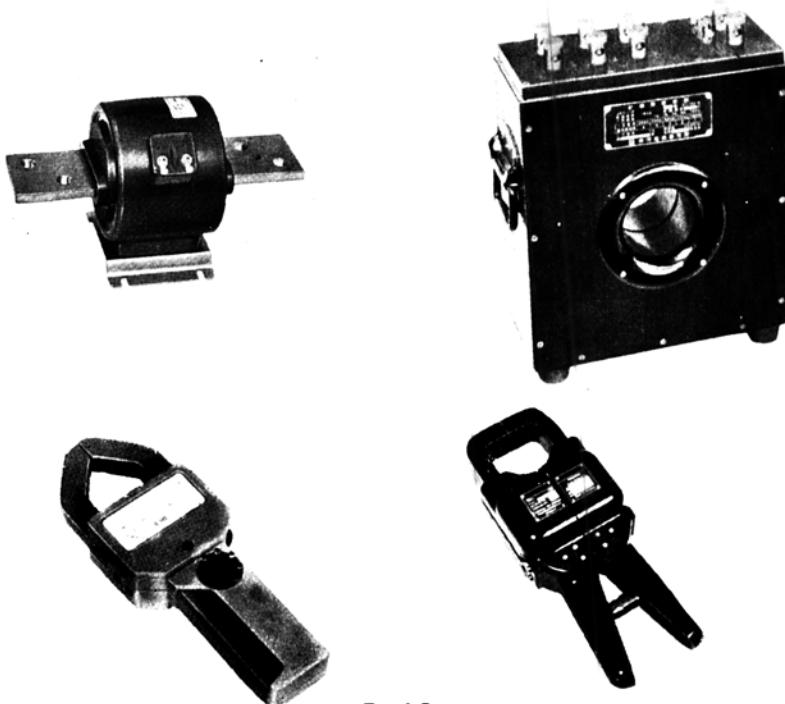
Αντιστάτες ενσωματωμένοι σε βολτόμετρο δίνουν όργανο μεταβλητής κλίμακας (σχ. 1.3η).

στ) Μετασχηματιστές μετρήσεως.

Για τη μέτρηση ηλεκτρικών τάσεων και εντάσεων δικτύων υψηλής τάσεως ή μεγάλων εντάσεων σε ηλεκτρικά δίκτυα χαμηλής τάσεως, παρεμβάλλονται μεταξύ

των αγωγών των δικτύων και του οργάνου μετρήσεως μετασχηματιστές οι οποίοι ονομάζονται **μετασχηματιστές μετρήσεως**.

Εκείνοι που χρησιμοποιούνται στη μέτρηση τάσεων λέγονται **μετασχηματιστές τάσεως** (σχ. 1.3θ) και εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση εντάσεων λέγονται **μετασχηματιστές εντάσεως** (σχ. 1.3ι).



Σχ. 1.3ι.
Μετασχηματιστές εντάσεως.

Με τους μετασχηματιστές μετρήσεως επιτυγχάνομε αύξηση της περιοχής μετρήσεως των οργάνων και την ηλεκτρική απομόνωσή τους από τα κυκλώματα υψηλής τάσεως.

Επίσης με τους μετασχηματιστές, πραγματοποιείται η εγκατάσταση των οργάνων σε θέσεις ακίνδυνες για το προσωπικό, που τα χρησιμοποιεί.

1.4 Συμβολισμοί.

Σημαντική όσο και αποφασιστική βοήθεια στην όλη διαδικασία πραγματοποίησεως εργαστηριακών ασκήσεων προσφέρει το ηλεκτρολογικό σχέδιο. Μ' αυτό επιτυγχάνομε την εύκολη, σύντομη και σωστή παρουσίαση οργάνων, ηλεκτρικών μηχανών και συσκευών σε μια ηλεκτρολογική συνδεσμολογία.

To σχέδιο είναι ο απαραίτητος οδηγός στην εκτέλεση κάθε ασκήσεως.

Το ηλεκτρολογικό σχέδιο, μονογραμμικό ή πολυγραμμικό, γίνεται ακόμη απλούστερο με τη χρησιμοποίηση ορισμένων **ηλεκτρολογικών συμβολισμών**.

Επίσης για την αναγνώριση κάθε οργάνου, συσκευής ή ηλεκτρικής μηχανής υ-

πάρχουν πάνω τους πινακίδες με διάφορα σύμβολα και ορισμένα άλλα στοιχεία. Έτσι π.χ. κοντά στην κλίμακα κάθε οργάνου αναγράφεται το σήμα του κατασκευαστή του οργάνου, ο αριθμός και ο τύπος της σειράς του οργάνου, το σύμβολο της μονάδας μετρήσεως του μεγέθους και διάφοροι άλλοι συμβολισμοί. Στους πίνακες 1.4.1 και 1.4.2 παριστάνονται τα σύμβολα, που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρολογικές μετρήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.1.
Συμβολισμοί κυκλωμάτων ηλεκτρικών μετρήσεων

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
—	Συνεχές ρεύμα (D.C)	—	Επαγγική αντίσταση με πυρήνες
~	Εναλλασσόμενο ρεύμα (A.C)	—	Γείωση
~~	Συνεχές και εναλλασσόμενο	○	Επαφή με ακροδέκτη
3 ~ Hz	Εναλλασσόμενο με ένδειξη φάσεων και συχνότητας	●	Επαφή χωρίς ακροδέκτη
- +	Πηγή συνεχούς ρεύματος	—	Μετασχηματιστής
— ~	Πηγή εναλλασσόμενου ρεύμ.	—	μετρήσεως
— —	Διακόπτης γενικώς	—	Μετασχηματιστής με πυρήνα
— □ —	Αντίσταση ωμική	→	Ανορθωτής
— ■ —	Αντίσταση επαγγική	⚡	Προσοχή κίνδυνος
— —	Πυκνωτής	—	Θερμοηλεκτρικό ζεύγος
— □ —	Ρυθμιστική αντίσταση συνεχής Αντίσταση θερμική	—	Θερμοηλεκτρικό ζεύγος με έμμεση θέρμανση
— □ —	Ρυθμιστική αντίσταση κατά βαθμίδες	50/5A	Σχέση εντάσεων σε μετασχηματιστή εντάσεως (πρωτεύον - δευτερέον)
— □ —		1100/100V	Σχέση τάσεων σε μετασχηματιστή τάσεως (πρωτεύον - δευτερέον)

(συνεχίζεται)

(συνέχεια πίνακα 1.4.1).

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
	Φωτοκύπταρο		Ηλεκτρονόμος (ρελέ)
	Τρίοδος λυχνία		Θερμοζεύγος
	Ενισχυτής Τροφοδότης ενεργείας γενικώς		Ανορθωτής γενικώς
			Ανορθωτής κρυστάλλων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.2.
Συμβολισμοί οργάνων μετρήσεως

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
	Βολτόμετρο		Όργανο ενδεικτικό γενικώς
	Αμπερόμετρο		Όργανο καταγραφικό γενικώς
	Αμπερόμετρο καταγραφικό		Μετρητής γενικώς
	Βολτόμετρο καταγραφικό		Μηχανισμός οργάνου με πηνίο τάσεως
	Μετρητής Αμπερωρίων		Μηχανισμός οργάνου με πηνίο εντάσεως
			Μηχανισμός αθροιστικού ή διαφορικού οργάνου με 2 πηνία τάσεως

(συνεχίζεται)

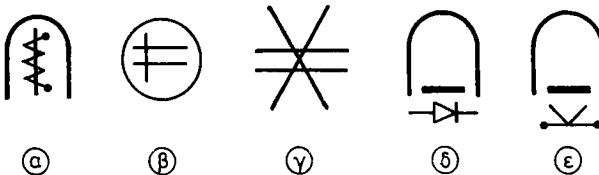
(συνέχεια πίνακα 1.4.2).

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
	Μηχανισμός αθροιστικού ή διαφορικού οργάνου με 2 πηνία εντάσεως		Ηλεκτροστατικό όργανο
	Μηχανισμός οργάνου γνωμένου ή πηλίκου με πηνίο τάσεως και πηνίο εντάσεως		Θερμικό όργανο
	Όργανο στρεφόμενου πηνίου με μόνιμο μαγνήτη		Διμεταλλικό
	Όργανο με διασταυρωμένα πηνία		Σιδερένιος κλωβός
	Όργανο κινητού σιδήρου		Ηλεκτροστατικός κλωβός
	Όργανο κινητού μαγνήτη		Προσοχή διαβάστε τις οδηγίες
	Όργανο κινητού μαγνήτη με διασταυρωμένα πηνία		Κλάση ακριβείας
	Όργανο κινητού σιδήρου πηλίκου		Τοποθέτηση οργάνου σε όρθια θέση
	Ηλεκτροδυναμικό όργανο		Τοποθέτηση οργάνου σε πλάγια θέση (π.χ. 60°)
	Επαγγικό όργανο		Τάση δοκιμής οργάνου 500 V
	Επαγγικό όργανο πηλίκου		Τάση δοκιμής οργάνου 5 kV
	Όργανο τριφασικού ρεύματος με ένα σύστημα μετρήσεως		Ρύθμιση του μηδενός της κλίμακας ωργάνου
	Όργανο τριφασικού ρεύματος με δύο συστήματα μετρήσεως		Όργανο τριφασικό με τρία συστήματα μετρήσεως
	Όργανο με παλλόμενα ελάσματα		Όργανο τριφασικό με τρία συστήματα μετρήσεως

1.4.1 Παραδείγματα.

1) Έρώτηση.

Τι σημαίνουν τα σύμβολα:



Απάντηση.

- α) Όργανο κινητού σιδήρου με μόνιμο μαγνήτη.
- β) Ηλεκτροδυναμικό όργανο με σιδερένιο κλωβό.
- γ) Ηλεκτροδυναμικό όργανο με διασταυρωμένα πηνία.
- δ) Όργανο στρεφόμενου πηνίου με ανορθωτή.
- ε) Όργανο στρεφόμενου πηνίου με θερμοηλεκτρικό ζεύγος (μέσα στο όργανο).

2) Έρώτηση.

Σε ένα όργανο μετρήσεως κάτω από την κλίμακα μετρήσεως υπάρχουν τα σύμβολα:



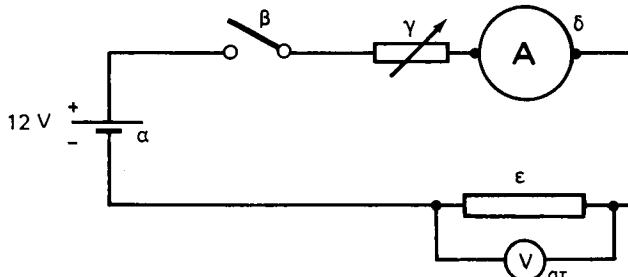
Επεξηγήστε τη σημασία τους.

Απάντηση.

Το όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Είναι κλάσεως ακριβείας 1,5. Πρέπει να τοποθετηθεί κατά τη μέτρηση σε όρθια θέση. Είναι όργανο κινητού σιδήρου με τάση δοκιμής 2 kV.

3) Έρώτηση.

Τι παριστάνει το καθένα από τα στοιχεία του παρακάτω κυκλώματος (σχ. 1.4a).

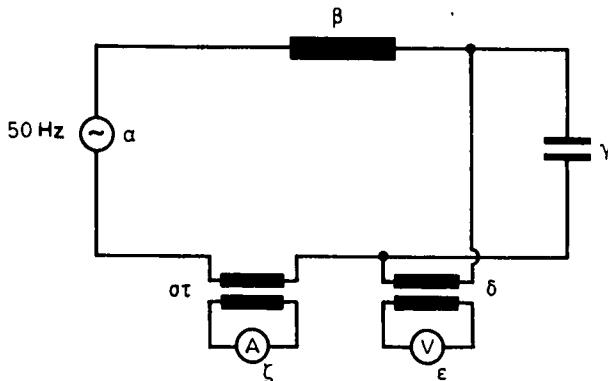


Απάντηση.

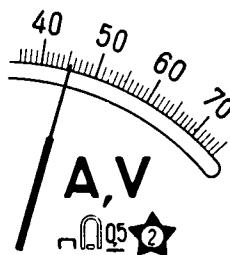
- α) Πηγή συνεχούς ρεύματος 12 V (π.χ. ένας συσσωρευτής αυτοκινήτου).
- β) Διακόπτης. γ) Ρυθμιστική αντίσταση συνεχής. δ) Αμπερόμετρο. ε) Ωμική αντίσταση στη Βολτόμετρο.

1.4.2 Ασκήσεις.

- Γράψτε στο τετράδιο ασκήσεων τα στοιχεία των ηλεκτρικών οργάνων που θα σας δείξουν στο Εργαστήριο (κατασκευαστής, αριθμός κατασκευής κλπ.).
Περιγράψτε κάθε όργανο με βάση τους συμβολισμούς που έχει πάνω στην κλίμακά του.
- Μελετήστε καλά τους πίνακες 1.4.1 και 1.4.2. Περιγράψτε στο τετράδιο ασκήσεων με σύμβολα το όργανο εναλλασσόμενου ρεύματος συχνότητας 50 περιόδων (Hz) κλάσεως ακριβείας 1,5, για τοποθέτηση σε πλάγια θέση (60°). Το όργανο μπορεί να συνδεθεί σε δίκτυο με μετασχηματιστή τάσεως που έχει τάση πρωτεύοντος 1000 V και τάση δευτερεύοντος 100 V. Η τάση δοκιμής του οργάνου είναι 2 kV. Είναι όργανο ηλεκτροδυναμικό.
- Αφού σχεδιάσετε το παρακάτω ηλεκτρικό κύκλωμα (σχ. 1.4β), σημειώστε (υπόμνημα) τι παριστάνει το καθένα από τα στοιχεία του.



- Περιγράψτε στο τετράδιό σας το όργανο, που ανήκει η κλίμακα του παρακάτω σχήματος.



1.5 Ακρίβεια οργάνων και μετρήσεων.

1.5.1 Η ακρίβεια των ηλεκτρικών μετρήσεων.

Μέτρηση ενός μεγέθους είναι η άμεση ή έμμεση σύγκρισή του με τη μονάδα του, με σκοπό τον προσδιορισμό της **αριθμητικής τιμής** ή του **μέτρου** του μεγέθους. Δηλαδή με τη μέτρηση γίνεται μια ποσοτική περιγραφή του μεγέθους.

Το αποτέλεσμα κάθε μετρήσεως δεν μπορεί να είναι απόλυτα ακριβές, γιατί τα όργανα και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, δεν είναι τέλεια και το πρόσωπο που εκτελεί τη μέτρηση έχει οπωσδήποτε περιορισμένες φυσικές ικανότητες. Γενικά στις κάθε είδους μετρήσεις, επομένως και στις ηλεκτρικές, παρουσιάζονται **σφάλματα**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το αποτέλεσμα μιας μετρήσεως α ενός μεγέθους διαφέρει γενικά από την πραγματική του τιμή a_0 κατά ποσότητα $\Delta\alpha$ την οποία ονομάζομε **απόλυτο σφάλμα**. Είναι $\Delta\alpha = \alpha - a_0$.

Ο λόγος του απόλυτου σφάλματος $\Delta\alpha$ προς την πραγματική τιμή a_0 , δηλαδή $\Delta\alpha/a_0$, ονομάζεται **σχετικό σφάλμα** και εκφράζει την **ακρίβεια της μετρήσεως**.

Συνήθως το σχετικό σφάλμα δίνεται επί τοις εκατό: $\delta \% = \Delta\alpha/a_0 \cdot 100\%$. Αν το σφάλμα είναι θετικός αριθμός, τότε η τιμή του μεγέθους που μετράμε ή η ένδειξη του οργάνου μετρήσεως είναι μεγαλύτερη από την πραγματική τιμή του. Αν το σφάλμα είναι αρνητικός αριθμός, τότε η τιμή του μεγέθους που μετράμε είναι μικρότερη από την πραγματική του τιμή.

Παράδειγμα.

Με ένα αμπερόμετρο θέλομε να μετρήσουμε μια ένταση ρεύματος 10A. Κατά τη μέτρηση το όργανο έδειξε 9,8A. Έτσι έγινε απόλυτο σφάλμα $\Delta = 9,8 - 10 = -0,2A$ και σχετικό σφάλμα $\delta \% = -0,2/10 \cdot 100\% = -2\%$.

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια μιας μετρήσεως είναι:

α) Η ακρίβεια των μεθόδων μετρήσεως.

β) Η ακρίβεια της τιμής των «υλικών προτύπων».

γ) Τα σφάλματα παρατηρήσεως, οφειλόμενα στο πρόσωπο που εκτελεί τη μέτρηση.

δ) Η ακρίβεια των υπολογισμών όταν πρόκειται για έμμεσες μετρήσεις.

Ο υπολογισμός του σφάλματος σε μια μέτρηση πραγματοποιείται για να καθορισθούν τα ανεκτά όρια της ακριβείας της μετρήσεως.

Όσο μεγαλύτερη ακρίβεια επιτυγχάνομε σε μία μέτρηση τόσο αυξάνει το κόστος της.

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ηλεκτρικές μετρήσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1) Στις μετρήσεις μεγάλης ακριβείας, που γίνονται στα Εθνικά Εργαστήρια «προτύπων» διαφόρων μεγάλων χώρων. Στις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιούνται όλα τό μέσα που παρέχει η τεχνολογική εξέλιξη ανεξάρτητα από τις δαπάνες που απαιτούνται.

Στις μετρήσεις αυτές το κόστος είναι πολύ μεγάλο και το σφάλμα μικρότερο από 10^{-4} και πολλές φορές μικρότερο από 10^{-6} .

2) Τεχνικές μετρήσεις ακριβείας που γίνονται σε κατάλληλα εξοπλισμένα εργαστήρια, όπως στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, στο Μετσόβειο Πολυτεχνείο και στη Δ.Ε.Η. Στις μετρήσεις αυτές οι δαπάνες περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατό. Το σφάλμα κυμαίνεται μεταξύ 10^{-2} και 10^{-4} .

3) Βιομηχανικές μετρήσεις που γίνονται στις βιομηχανίες με μικρές σχετικά δαπάνες. Το σφάλμα στις μετρήσεις αυτές δεν είναι μικρότερο από 10^{-2} .

Οι μετρήσεις που θα πραγματοποιήσουν οι μαθητές των Τεχνικών Λυκείων στα Εργαστήρια των σχολείων τους ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία.

1.5.2 Η ακρίβεια των ηλεκτρικών οργάνων.

Μέχρι τώρα μιλήσαμε για την ακρίβεια των μετρήσεων. Υπάρχει όμως και η α-

κρίβεια του οργάνου μετρήσεως. Η ακρίβεια αυτή εκφράζεται με το μέγιστο σφάλμα, που μπορεί να κάνει κατά τη μέτρηση το όργανο (οφείλεται μόνο σ' αυτό) και δίνεται σε ποσοστό επί τοις εκατό της τελικής τιμής της κλίμακας μετρήσεως του οργάνου.

Παράδειγμα.

Με ένα βολτόμετρο που μπορεί να μετρήσει τάσεις μέχρι 100V και έχει ακρίβεια $\pm 1\%$, πραγματοποιούμε μέτρηση 80V.

Στήν περίπτωση αυτή το μέγιστο απόλυτο σφάλμα του οργάνου θα είναι $\Delta = (\pm 1) \times 100/100 = \pm 1V$. Συνεπώς η τάση που μετρήθηκε θα έχει πραγματική τιμή a_0 που θα βρίσκεται μεταξύ των τιμών $80 - 1 = 79V$ και $(80 + 1) = 81V$ με την υπόθεση βέβαια ότι λαμβάνομε υπόψη μόνο το σφάλμα του οργάνου.

Για τη μέτρηση αυτή το μέγιστο σχετικό σφάλμα του οργάνου θα είναι:

$$\delta\% = \frac{(\pm 1V) \times 100}{80} \% = \pm 1,25\%$$

Τα όργανα μετρήσεως υπάγονται σε επτά κλάσεις ακρίβειας: 0,1 0,2 0,5 1 1,5 2,5 και 5 (γερμανικοί κανονισμοί).

Όργανο κλάσεως ακρίβειας 0,5 σημαίνει ακρίβεια του οργάνου $\pm 0,5\%$. Τα όργανα εργαστηριακής ακρίβειας ή «λεπτά όργανα» υπάγονται στις κλάσεις ακρίβειας 0,1 0,2 και 0,5, ενώ τα όργανα βιομηχανικής ακρίβειας ή «όργανα λειτουργίας» υπάγονται στις κλάσεις ακρίβειας 1 1,5 2,5 και 5.

Κατά τους βρετανικούς Κανονισμούς υπάρχουν δύο κατηγορίες οργάνων: Τα οργάνα ακρίβειας με σφάλμα $0,3 \div 1\%$ και τα Βιομηχανικά όργανα με σφάλμα $0,75 \div 3\%$ (Φορητά $0,75 \div 3\%$ και πίνακα $1 \div 3\%$).

Πρέπει να θυμηθούμε ότι η κλάση ακρίβειας του οργάνου αναφέρεται **πάντα στην περιοχή ενδεξεως της κλίμακας του οργάνου**.

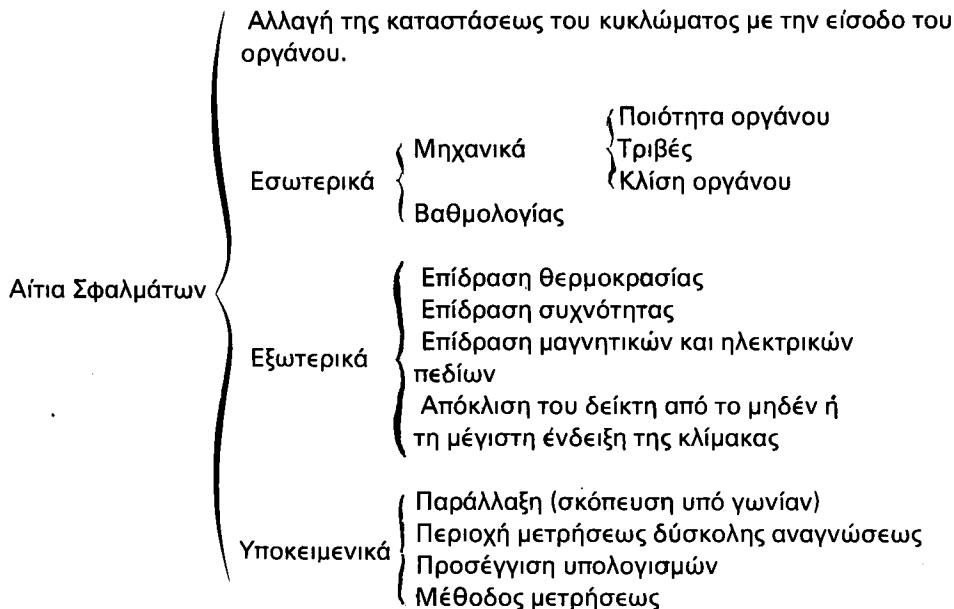
Στα ηλεκτρικά όργανα μετρήσεως εκτός από την κλάση ακρίβειας έχουν σημασία και δύο ακόμη χαρακτηριστικά: η **ευαισθησία του οργάνου** και η **ιδία κατανάλωσή του**.

Ευαισθησία οργάνου ονομάζομε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που χρειάζεται ο εσωτερικός του μηχανισμός για να λάβει η βελόνα του την πλήρη απόκλιση. Η υπέρβαση της ευαισθησίας του οργάνου έχει ως αποτέλεσμα τη βλάβη ή την καταστροφή του οργάνου.

Η ιδία κατανάλωση κάθε οργάνου είναι η ηλεκτρική ισχύς, που αντιστοιχεί στην καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη λειτουργία του. Εκφράζεται συνήθως σε mW (χιλιοστά του βαττ) ή σε mVA (χιλιοστά του βολταμπέρ). Στα απερόμετρα είναι το γινόμενο της εντάσεως του ρεύματος σε A, που μετρά το όργανο, επί την πτώση τάσεως σε mV, που προκαλεί η ένταση αυτή όταν περνά μέσα από το όργανο. Στα βολτόμετρα είναι το γινόμενο της τάσεως σε V, που μετρά το όργανο, επί την ένταση σε mA, που απορροφά το όργανο κατά τη μέτρηση. Κατά κανόνα τα όργανα με μικρή ιδία κατανάλωση έχουν και μεγάλη ευαισθησία.

1.6 Σφάλματα οργάνων και μετρήσεων.

Τα αίτια σφαλμάτων των οργάνων δίνονται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα:



Η μελέτη των αιτίων, που οφείλονται τα σφάλματα των οργάνων, ξεφεύγει από το σκοπό του βιβλίου αυτού. Στις ασκήσεις θα σας υποδεχθούν τρόποι για την εξουδετέρωσή τους κάτα περίπτωση.

Τα σφάλματα μετρήσεων ανάλογα με την προέλευση διακρίνονται σε **τυχαία** και **συστηματικά**.

Τα τυχαία σφάλματα οφείλονται σε διάφορους αστάθμητους παράγοντες π.χ. το μάτι του ανθρώπου δεν μπορεί να εκτιμήσει ακριβώς τη θέση του δείκτη σ' ένα αμπερόμετρο. Ο ίδιος παράγοντας μπορεί να ελαττώνει ή να αυξάνει τη μετρουμένη τιμή ενός μεγέθους.

Γι' αυτό τα τυχαία σφάλματα τα περιορίζομε με την εκτέλεση πολλών μετρήσεων, όπότε αληθινή τιμή θεωρείται η μέση της τιμής των μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε (Οι μαθητές κάθε ομάδας εκτελούν την ίδια μέτρηση).

Τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται συνήθως στην ατέλεια κατασκευής των οργάνων μετρήσεως. Ένα Ωμόμετρο που δεν έχει βαθμολογηθεί σωστά, εισάγει στη μέτρηση συστηματικό σφάλμα. Η εκτίμηση ενός συστηματικού σφάλματος είναι πολύ δύσκολη. Οι οδηγίες του κατασκευαστή του οργάνου βοηθούν μερικώς στην αντιμετώπιση του προβλήματος. Οπωσδήποτε πρέπει πριν από κάθε μέτρηση να ρυθμίζεται ο δείκτης του οργάνου στο μηδέν της κλίμακας.

1.6.1 Ασκήσεις.

1. Ένα βολτόμετρο κλάσεως ακριβείας 2 μπορεί να μετρήσει τάση μέχρι 300 V.

Με το όργανο αυτό πραγματοποιούμε μετρήσεις 50V, 100V, 150V, 200V και 250V. Ποιο είναι το μέγιστο απόλυτο και ποιο το μέγιστο σχετικό σφάλμα σε κάθε μέτρηση;

Αν τις παραπάνω μετρήσεις τις πραγματοποιήσουμε με βολτόμετρο της ίδιας κλάσεως ακριβείας αλλά με περιοχή μετρήσεως 0 - 500 V, ποια θα είναι τα αντίστοιχα σφάλματα;

Γράψτε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας στο τετράδιο μετρήσεων σε πίνακα, κάνετε συγκρίσεις, βγάλετε τα συμπεράσματά σας και δικαιολογήστε τα.

2. Τρία αμπερόμετρα παρουσιάζουν το ίδιο μέγιστο απόλυτο σφάλμα $\pm 1\text{A}$.

Αντίστοιχα τα όργανα μπορούν να μετρήσουν 10A, 20A, 40A.

Σε ποια κλάση ακριβείας ανήκει το καθένα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

2.1 Γενικά.

Για την πραγματοποίηση των εργαστηριακών ασκήσεων του κεφαλαίου αυτού είναι απαραίτητες ορισμένες θεωρητικές γνώσεις τις οποίες οι μαθητές πρέπει να αναζητήσουν στις παραγράφους 3.1 και 3.4 του βιβλίου: «ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ» (1-δρυμα Ευγενίδου, Β' Τεχν. Λυκείου).

Για να σχηματίσουμε μια ιδέα για το μέγεθος του βολτ, μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής τάσεως αναφέρομε ότι:

- Τα φορητά ραδιόφωνα και οι άλλες φορητές μικρές ηλεκτρικές συσκευές για τη λειτουργία τους χρησιμοποιούν πηγές με τάση 1,5V, 3V, 4,5V, 9V.
- Στους πόλους των συσσωρευτών (μπαταρίες) των αυτοκινήτων αναπτύσσεται τάση 6V, 12V ή και 24V.
- Στις κεραίες των ραδιοφώνων και των τηλεοράσεων η ηλεκτρική τάση είναι της τάξεως των 100 μV.
- Ο φωτισμός και οι ηλεκτρικές συσκευές στα σπίτια μας λειτουργούν με τάση 220V, ή 380V.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στο Εθνικό Ηλεκτρικό Σύστημα (ΔΕΗ) γίνεται σήμερα με ηλεκτρική τάση 150 kV και 380 kV.

2.2 Όργανα για τή μέτρηση της τάσεως — Οδηγίες χρήσεως.

Την ηλεκτρική τάση την μετράμε με τα **βολτόμετρα**. Υπάρχουν διάφοροι τύποι βολτομέτρων, που ξεχωρίζουν από την αρχή λειτουργίας τους και την κατασκευή τους.

a) **Βολτόμετρα στρεπτού πηνίου με μόνιμο μαγνήτη.**

Ο ένας ακροδέκτης του οργάνου αυτού, στο πίσω μέρος του, έχει το σύμβολο +. Τα βολτόμετρα αυτά μετράνε μόνο συνεχή τάση και η κλίμακά τους είναι ομοιόμορφα διαιρεμένη. Κατά τη σύνδεσή τους, σε ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχομε πάντοτε την πολικότητά τους.

β) **Βολτόμετρα κινητού ή βυθιζόμενου σιδήρου.**

Τα όργανα αυτά μετράνε και συνεχή και εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση.

Κατά τη σύνδεσή τους σε ηλεκτρικό κύκλωμα δεν ελέγχομε την πολικότητά τους. Η κλίμακα των βολτομέτρων αυτών δεν είναι ομοιόμορφα διαιρεμένη.

γ) Βολτόμετρα ηλεκτροδυναμικά. 

Έχουν τα ίδια εξωτερικά χαρακτηριστικά με τα βολτόμετρα κινητού σιδήρου.

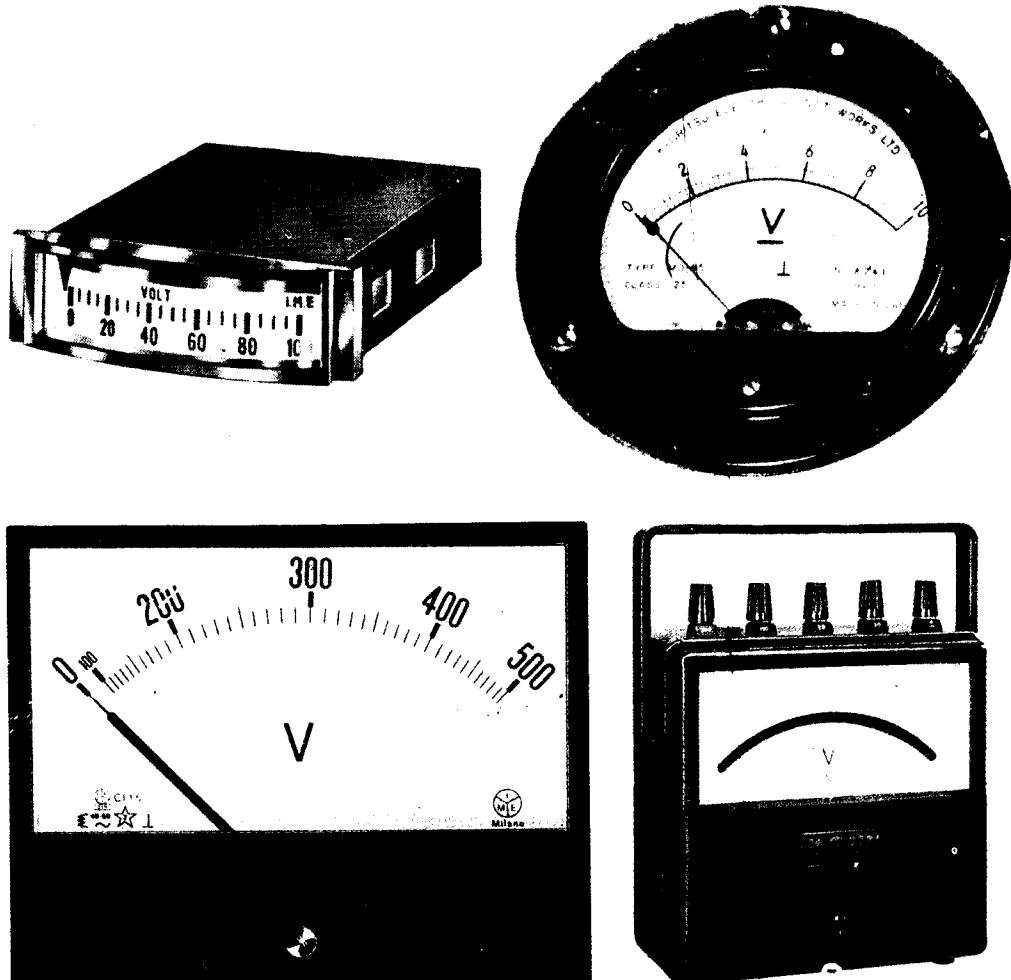
δ) Βολτόμετρα θερμικά. 

Τα θερμικά βολτόμετρα έχουν τα ίδια εξωτερικά χαρακτηριστικά με τα βολτόμετρα κινητού σιδήρου. Είναι όργανα κατάλληλα για τη μέτρηση εναλλασσόμενης ηλεκτρικής τάσεως υψηλής συχνότητας.

ε) Ηλεκτρονικά βολτόμετρα.

Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ηλεκτρικών τάσεων τάξεως από μV μέχρι kV συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος σε περιοχή συχνότητας 100 MHz .

Στο σχήμα 2.2a φαίνονται διάφοροι τύποι βολτομέτρων.

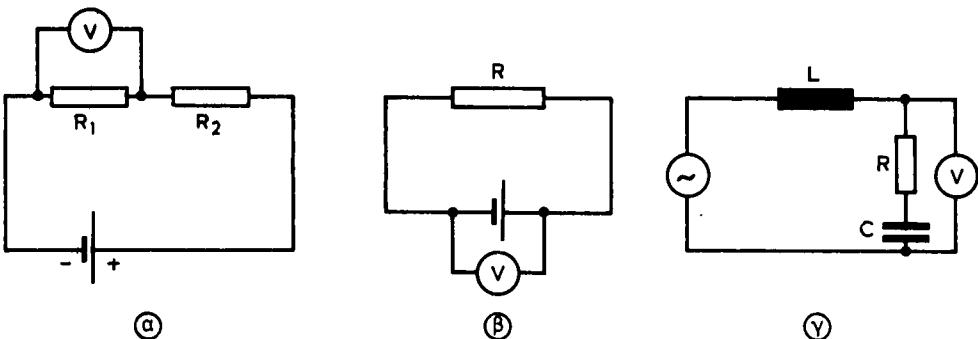


Σχ. 2.2a.
Διάφοροι τύποι βολτομέτρων.

'Όλοι οι παραπάνω τύποι των βολτομέτρων για να λειτουργήσουν πρέπει να απορροφήσουν από το ηλεκτρικό κύκλωμα, που θα συνδέθουν, ηλεκτρική ενέργεια. Δηλαδή πρέπει να περάσει μέσα από αυτά κάποια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος. Όσο μικρότερη είναι η ενέργεια που διεγείρει ένα βολτόμετρο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία του. Έτσι όσο μεγαλύτερη εσωτερική αντίσταση παρουσιάζει ένα βολτόμετρο, τόσο πιο ακριβείς μετρήσεις επιτυγχάνει γιατί η σύνδεσή του στο ηλεκτρικό κύκλωμα αλλοιώνει λιγότερο τα στοιχεία του κυκλώματος.

Είναι γνωστό ότι η ηλεκτρική τάση παρουσιάζεται πάντοτε μεταξύ δύο θέσεων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Επομένως για να χρησιμοποιήσουμε το βολτόμετρο, πρέπει να το συνδέσουμε στα άκρα μιας ηλεκτρικής καταναλώσεως ή στους πόλους μιας πηγής ή ακόμη μεταξύ δύο σημείων στα οποία αναπτύσσεται τάση.

Ποτέ δεν διακόπτομε το κύκλωμα για να παρεμβάλομε το βολτόμετρο. Στο σχήμα 2.2β φαίνονται περιπτώσεις συνδέσεως των βολτομέτρων σε ηλεκτρικό κύκλωμα.



Σχ. 2.2β.
Συνδέσεις βολτόμετρου σε ηλεκτρικό κύκλωμα.

2.3 Ασκήσεις.

- Παρατηρήστε τα χαρακτηριστικά των διαφόρων βολτομέτρων, που θα σας δείξουν στο εργαστήριο και ξεχωρίστε σε ποιο τύπο ανήκει το καθένα και σε ποια περιοχή τάσεως είναι κατάλληλο για μετρήσεις. Από τις παρατηρήσεις σας συμπληρώστε τον πίνακα αποτελεσμάτων 2.3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 2.3.1

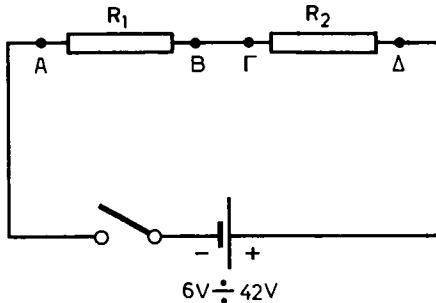
α/α	Τύποι βολτομέτρων	Κλάση	Ελάχιστη τάση που μετράνε	Μέγιστη τάση που μετράνε
1				
2				
3				

- Διαλέξτε κάθε φορά τον κατάλληλο τύπο βολτομέτρου για να μετρήσετε την τάση:
 - Στο δευτερεύον κύκλωμα του μετασχηματιστή κουδουνιών.
 - Των ηλεκτρικών στοιχείων και συσσωρευτών που έχετε στη διάθεσή σας.
 - Του δικτύου φωτισμού της ΔΕΗ.

Παραστήστε σχηματικά σε κάθε περίπτωση το κύκλωμα της μετρήσεως, συνδέστε το βολτόμετρο.

τρο, ελέγχετε τη σύνδεση, πραγματοποιήστε τη μέτρηση.

3. Πραγματοποιήστε τις μετρήσεις της ασκήσεως 2 χρησιμοποιώντας βολτόμετρα, ώστε η ένδειξη σε κάθε περίπτωση να μην περνά το 1/3 της κλίμακας του οργάνου. Σημειώστε τα αποτελέσματα συγκρίνετε τα με της προηγδύμενης ασκήσεως και διατυπώστε τις παρατηρήσεις σας.
4. Δίνονται οι τιμές των αντιστάσεων R_1 και R_2 του κυκλώματος του σχήματος 2.3.



Σχ. 2.3.

Συνδέστε διαδοχικά το κατάλληλο βολτόμετρο στα σημεία Α και Β, Γ και Δ, Β και Γ του κυκλώματος. Σε κάθε περίπτωση σχεδιάστε το κύκλωμα της συνδεσμολογίας που κάνατε. Πραγματοποιήστε τις μετρήσεις και σημειώστε τις ενδείξεις του βολτόμετρου στο τετράδιό σας. Εξηγήστε και δικαιολογήστε την ένδειξη του βολτόμετρου στα σημεία Β και Γ.

5. Ποια αντίσταση πρέπει να έχει πρόσθετος αντιστάτης ενός βολτόμετρου για να διπλασιασθεί η περιοχή μετρήσεώς του. Να επαληθεύσετε τα αποτελέσματα του υπολογισμού σας με εργαστηριακή άσκηση, διαλέγοντας το βολτόμετρο, την πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και τις συσκευές που χρειάζεσθε από εκείνα που διαθέτει το εργαστήριό σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

3.1 Γενικά.

Τις βασικές απαραίτητες θεωρητικές γνώσεις, οι μαθητές θα τις αναζητήσουν στις παραγράφους 2.3 και 2.4 της «ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ» (Ίδρυμα Ευγενίδου Β' Τεχν. Λυκείου).

Για σύγκριση αναφέρομε ότι:

- Από μία λάμπα φωτισμού «περνά» ηλεκτρικό ρεύμα μερικά δέκατα του αμπέρ.
- Ένας θερμοσίφωνας οικιακής χρήσεως κατά τη λειτουργία του απορροφά ηλεκτρικό ρεύμα εντάσεως της τάξεως των 20Α.
- Από τον ηλεκτρικό κινητήρα των τρόλλεϋ περνά ηλεκτρικό ρεύμα της τάξεως των 100 Α, ενώ
- μια ηλεκτρική υψηλάμινος λειτουργεί με ένταση ρεύματος μερικών Κ.Α (χιλιάδες αμπέρ).

3.2 Όργανα για τη μέτρηση της εντάσεως – Οδηγίες χρήσεως.

Την ένταση ηλεκτρικού ρεύματος τη μετράμε με τα **αμπερόμετρα**. Όπως στα βολτόμετρα, έτσι και στα αμπερόμετρα έχομε διάφορους τύπους με τα ίδια χαρακτηριστικά της αρχής λειτουργίας και κατασκευής των βολτομέτρων. Δηλαδή: α) Αμπερόμετρα με κινητό πηνίο. β) Αμπερόμετρα κινητού ή βυθιζόμενού σιδήρου. γ) Αμπερόμετρα ηλεκτροδυναμικά. δ) Αμπερόμετρα θερμικά κλπ.

Στο σχήμα 3.2α φαίνονται διάφοροι τύποι αμπερομέτρων.

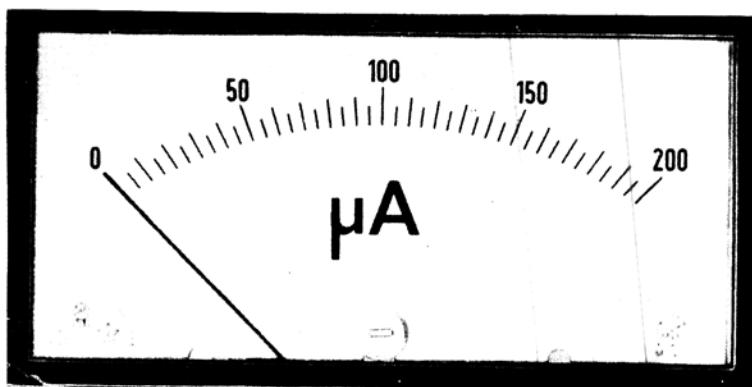
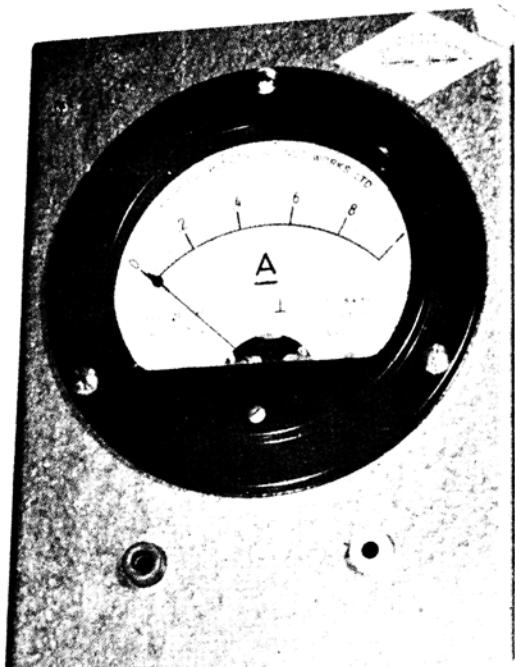
Τα αμπερόμετρα φροντίζομε, αντίθετα με τα βολτόμετρα, να έχουν μικρή εσωτερική αντίσταση, για να μην αλλοιώνουν τα χαρακτηριστικά του κυκλώματος στο οποίο είναι συνδεδεμένα.

Για να παρεμβάλλομε το αμπερόμετρο σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα πρέπει να διακόψιμε τη συνέχεια του κυκλώματος σε οποιοδήποτε σημείο του, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2β.

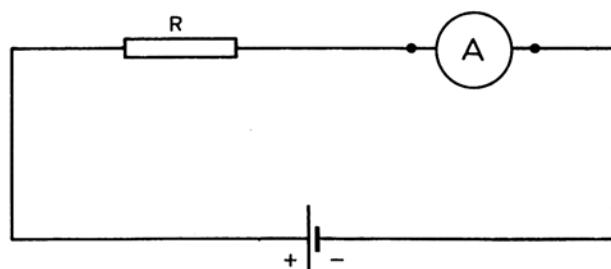
Επειδή η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε όλα τα σημεία του κυκλώματος είναι ίδια δεν έχει σημασία σε ποια θέση του κυκλώματος θα γίνει η διακοπή για την παρεμβολή του αμπερόμετρου.

Οπωσδήποτε όμως, όταν πρόκειται να συνδέσουμε σε ηλεκτρικό κύκλωμα ένα αμπερόμετρο πρέπει να έχομε υπ' όψη μας:

- Την πολικότητα του αμπερόμετρου όταν το ηλεκτρικό ρεύμα είναι συνέχες και το όργανο κινητού πηνίου.



Σχ. 3.2α.
Διάφοροι τύποι αμπερομέτρων.



Σχ. 3.2β.
Σύνδεση αμπερόμετρου σε ηλεκτρικό κύκλωμα.

- Ότι τα αμπερόμετρα με κινητό πηνίο χρησιμοποιούνται **μόνο** στο συνεχές ρεύμα.
- Ότι η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, που μετράμε, πρέπει να περιλαμβάνεται περίπου στα 2/3 της κλίμακας του αμπερόμετρου.
- Να βεβαιωθούμε ότι το αμπερόμετρο έχει συνδεθεί σε σειρά με την ηλεκτρική κατανάλωση, της οποίας θέλομε να μετρήσουμε την ένταση.

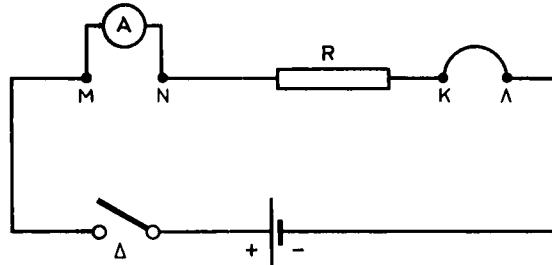
3.3 Ασκήσεις.

- Παρατηρήστε τα χαρακτηριστικά των διαφόρων αμπερομέτρων, που θα σας δείξουν στο εργαστήριο και ξεχωρίστε σε ποιο τύπο ανήκει το καθένα και σε ποια περιοχή εντάσεως είναι κατάλληλο για μετρήσεις. Από τις παρατηρήσεις σας συμπληρώστε τον πίνακα αποτελεσμάτων 3.3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 3.3.1.

a/a	Τύποι αμπερομέτρων	Κλάση	Ελάχιστη ένταση που μετράνε	Μέγιστη ένταση που μετράνε
1				
2				
3				

- Διαλέξτε κάθε φορά τον κατάλληλο τύπο αμπερόμετρου, για να μετρήστε την ένταση ηλεκτρικού ρεύματος που περνά κατά τη λειτουργία τους από:
 - Ένα ηλεκτρικό λαμπτήρα πυρακτώσεως.
 - Το δευτερεύον κύκλωμα του μετασχηματιστή πίνακα κουδουνιού, όταν το κουδούνι λειτουργεί.
 - Μια ηλεκτρική θερμάστρα.
- Με τα όργανα και τις συσκευές, που θα σας δοθούν στο εργαστήριο, να πραγματοποιήσετε το κύκλωμα του σχήματος 3.3a. Τα σημεία Κ και Λ του κυκλώματος είναι βραχυκυκλωμένα και ο διακόπτης Δ ανοικτός (θέση OFF).



Σχ. 3.3a.

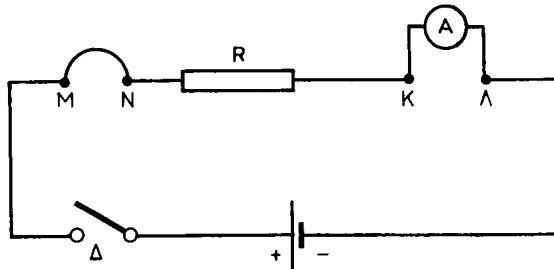
Καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για τον έλεγχο της συνδεσμολογίας.

Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με ηλεκτρικό ρεύμα κλείνοντας το διακόπτη Δ (θέση ON). Διαβάστε και σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 3.3.2 την ένδειξη του αμπερόμετρου. Διακόψτε το κύκλωμα με το διακόπτη Δ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 3.3.2

Σύνδεση αμπερόμετρου στα σημεία του κυκλώματος	Ένδειξη αμπερόμετρου στο (A)
M και N K και Λ	

β) Αφαιρέστε το βραχικυκλωτήρα από τις θέσεις Κ, Λ του κυκλώματος 3.3α και τοποθετείσθε στα σημεία αυτά το αμπερόμετρο. Βραχικυκλώστε τα σημεία Μ,Ν (σχ. 3.3β).



Σχ. 3.3β.

Μετά τον έλεγχο της συνδεσμολογίας να πραγματοποιήσετε τη μέτρηση όπως προηγουμένως (α) και σημειώστε την ένδειξη του αμπερόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 3.3.2.

- γ) Εξηγήστε γιατί στις μετρήσεις ας και β οι ενδείξεις του αμπερόμετρου δεν έχουν διαφορά.
- δ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την όλη πορεία των μετρήσεων που πραγματοποιήσατε.

ΠΡΟΣΟΧΗ.

Χωρίς να κάνετε τη συνδεσμολογία εξηγήστε τι θα συμβεί και γιατί όταν στο παραπάνω κύκλωμα συνδέσετε το αμπερόμετρο στα σημεία Ν, Κ και βραχικυκλώστε τα σημεία Μ,Ν και Κ,Λ.

4. Επαναλάβετε τις μετρήσεις της ασκήσεως 3 με ηλεκτρική πηγή εναλλασσόμενης τάσεως.
5. Τι αντίσταση πρέπει να έχει το Shunt, για να διπλασιασθεί η ευαισθησία ενός αμπερόμετρου.
Να επαληθεύσετε τα αποτελέσματα του υπολογισμού σας με εργαστηριακή άσκηση, διαλέγοντας το αμπερόμετρο, την πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και τις συσκευές που χρειάζεσθε από εκείνα που διαθέτει το εργαστήριό σας.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ (ΑΜΕΣΗ)

4.1 Γενικά.

Στις παραγράφους 4.1 και 4.2 της «ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ» της Β' τάξεως Τεχνικού Λυκείου δίνονται οι απαραίτητες θεωρητικές γνώσεις για την ηλεκτρική αντίσταση, τις μονάδες μετρήσεώς της κλπ. για την πραγματοποίηση ασκήσεων στο εργαστήριο.

Επισημαίνομε ότι χαρακτηριστικό γνώρισμα κάθε ηλεκτρικής αντιστάσεως είναι να μετατρέπει μέρος από την ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά σε θερμότητα.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ηλεκτρικών αντιστάσεων είναι:

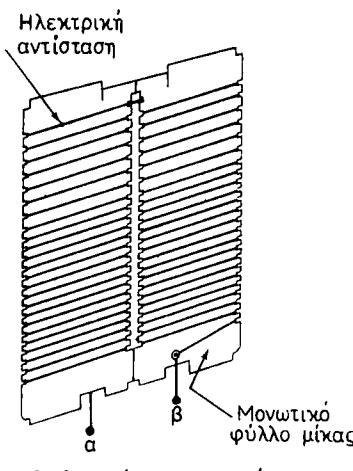
- Οι **αντιστάσεις άνθρακα** και
- οι **αντιστάσεις σύρματος**.

Οι αντιστάσεις άνθρακα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε κυκλώματα ασθενών ρευμάτων και, κυρίως, σε ηλεκτρονικές διατάξεις. Είναι αντιστάσεις μικρής ισχύος. Για το είδος αυτό των αντιστάσεων υπενθυμίζομε την άσκηση 3 του «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ» ('Ιδρυμα Ευγενίδου Α' Τεχν. Λυκείου).

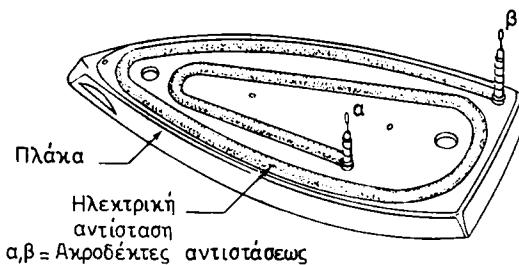
Οι αντιστάσεις σύρματος κατασκευάζονται βασικά από δύο είδη κραμάτων, νικελίου – χαλκού και νικελίου – χρωμίου. Τα κράματα αυτά έχουν μικρό συντελεστή θερμοκρασίας και η τιμή τους δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Οι αντιστάσεις σύρματος, που έχουν μεγάλη ισχύ και χρησιμοποιούνται για να μετατρέπουν την ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος σε θερμότητα λέγονται **θερμικές αντιστάσεις**.

Στη συνέχεια παρουσιάζομε μια σειρά τέτοιων αντιστάσεων που χρησιμοποιούμε σε διάφορες θερμικές ηλεκτρικές συσκευές:

- α) Επίπεδη, αντίσταση κυρίως για φρυγανιέρες. Το σύρμα της είναι τύλιγμένο γύρω από ένα μονωτικό φύλλο μίκας (σχ. 4.1α).
- β) Θερμαντική αντίσταση κτισμένη με πυρίμαχο κονίαμα μέσα σε ειδικό αυλάκι σε πλάκα ηλεκτρικού σιδήρου (σχ. 4.1β).
- γ) Δύο θερμαντικές αντιστάσεις τοποθετημένες, μέσα σε μεταλλικούς σωλήνες. Το σύρμα της αντιστάσεως περιβάλλεται από μονωτικές ουσίες και δεν έρχε-



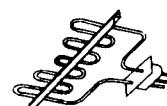
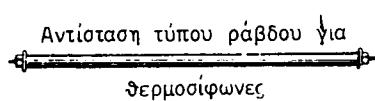
Σχ. 4.1α.



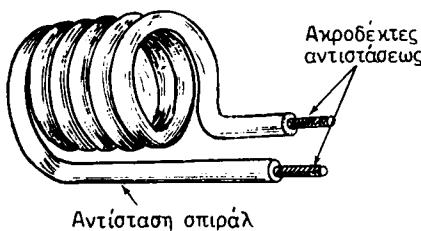
Σχ. 4.1β.

ται σε απ' ευθείας επαφή με το μεταλλικό σωλήνα. Χρησιμοποιούνται περισσότερο στους θερμοσίφωνες (σχ. 4.1γ).

- δ) Θερμαντική αντίσταση της οποίας ο σωλήνας, που είναι από ειδικό μέταλλο έχει σχήμα σχάρας. Χρησιμοποιείται στην ψηστιέρα (Grill) του ηλεκτρικού φούρνου (σχ. 4.1δ).
- ε) Θερμαντικές αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται στις εστίες των ηλεκτρικών μαγειρείων (σχ. 4.1ε).



Σχ. 4.1δ.



Σχ. 4.1γ.



Σχ. 4.1ε.

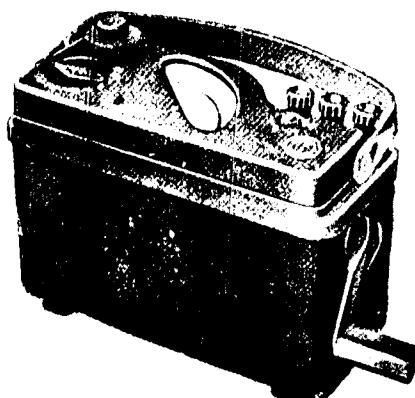


4.2 Άμεση μέτρηση ηλεκτρικών αντιστάσεων.

Την τιμή των ηλεκτρικών αντιστάσεων μπορούμε να τη μετρήσουμε με διαφόρους μεθόδους, μερικές από τις οποίες θα γνωρίσουμε σε επόμενα κεφάλαια, αλλά

και απ' ευθείας με το ωμόμετρο. Ένας τύπος τέτοιου οργάνου φαίνεται στο σχήμα 4.2.

Το ωμόμετρο χρησιμοποιείται **μόνο σταν το ηλεκτρικό κύκλωμα βρίσκεται χωρίς τάση**, δεν έχει πολικότητα και επομένως δέν έχει σημασία σε ποιο άκρο της αντιστάσεως θα συνδεθεί ο κάθε ακροδέκτης του.



Σχ. 4.2.
'Ωμόμετρο.

4.3 Ασκήσεις.

1. a) Αναγνωρίστε τα είδη των ηλεκτρικών αντιστάσεων που θα σας δοθούν στο εργαστήριο. Αναφέρετε πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε μια από αυτές.
β) Μετρήστε τις αντιστάσεις αυτές με το κατάλληλο ωμόμετρο και σημειώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τις παραπρήσεις σας στο τετράδιό σας.
2. Με τον κώδικα χρωμάτων των αντιστάσεων (ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Α' ΤΑΞΕΩΣ) προσδιορίστε τις τιμές των αντιστάσεων άνθρακα που θα σας δοθούν στο εργαστήριο και κατόπιν μετρήστε τις με ωμόμετρο. Αν προκύψουν διαφορετικές τιμές (κώδικας-μέτρηση) εξηγήστε που οφείλονται.

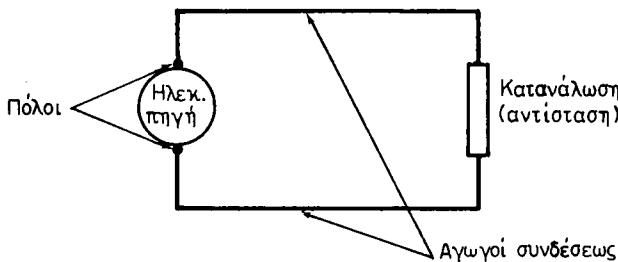
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ (ΟΗΜ)

5.1 Γενικά.

Στα προηγούμενα κεφάλαια γνωρίσαμε πως να μετράμε τα ηλεκτρικά μεγέθη της **τάσεως, εντάσεως και αντιστάσεως**.

Όταν έχομε μια ηλεκτρική πηγή και συνδέσουμε τους πόλους της με αγωγούς στα άκρα μιας καταναλώσεως (αντιστάσεως), τότε σχηματίζομε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (σχ. 5.1).



Σχ. 5.1.
Ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στο ηλεκτρικό κύκλωμα θα κυκλοφορεί ηλεκτρικό ρεύμα με μία ένταση, η οποία οφείλεται στην «ηλεκτρική πίεση» που ασκεί η πολική τάση της πηγής στα ηλεκτρικά φορτία του κυκλώματος.

Τη σχέση που συνδέει την τάση, ένταση και αντίσταση σε ένα κύκλωμα, εκφράζει ο νόμος του Ωμ (ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Β' Τεχνικού Λυκείου, παράγρ. 4.2). Ο νόμος αυτός ισχύει τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

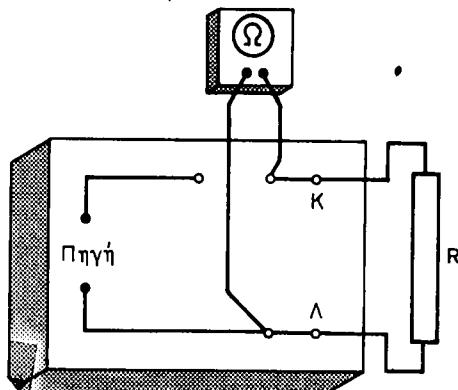
5.2 Ασκήσεις.

1. Δίνονται τρεις αντιστάσεις σύρματος R_1 , R_2 , R_3 .

α) Τοποθετήστε την αντίσταση σύρματος R_1 στα σημεία Κ και Λ του «σασσί» [πλαίσιο ασκήσεως (σχ. 5.2(a))] και στη συνέχεια μ' ένα ωμόμετρο μετρήστε την τιμή της αντιστάσεως (στο κύκλωμα δεν πρέπει να παρέχεται τάση). Την ένδειξη του ωμόμετρου σημειώστε τη στη σχετική στήλη του πίνακα αποτελεσμάτων 5.2.1.

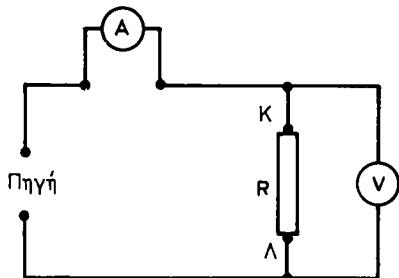
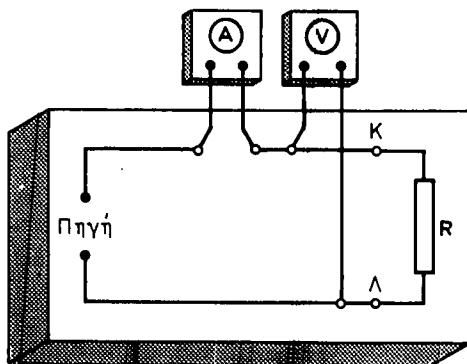
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 5.2.1.

Αντιστάσεις σε Ω	
$R_1 =$	
$R_2 =$	
$R_3 =$	

**Σχ. 5.2α.**

Επαναλάβετε την ίδια εργασία και για τις υπόλοιπες αντιστάσεις R_2 και R_3 .

β) Να τοποθετηθεί η αντίσταση R_1 , πάλι στα σημεία K και Λ του «σασσί». Να πραγματοποιήσετε τη συνδεσμολογία των οργάνων του βολτόμετρου και αμπερόμετρου όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2β (α), (β). Όταν τελειώσετε τη συνδεσμολογία, καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για να ελέγξει τη συνδεσμολογία. Κατόπιν τροφοδοτήστε το κύκλωμα με τάση (την τιμή της τάσεως θα σας την υ-

**Σχ. 5.2β.**

α) Θεωρητική συνδεσμολογία κυκλώματος. β) Πρακτική συνδεσμολογία κυκλώματος.

ποδείξουν από το εργαστήριο). Επαναλάβετε την παραπάνω εργασία τοποθετώντας κάθε φορά στά σημεία K και Λ του «σασσί» μία από τις υπόλοιπες αντιστάσεις R_2 και R_3 . Τις ενδείξεις των οργάνων σημειώστε τις στις αντίστοιχες στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων 5.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 5.2.2.

Τάση $U = \dots$ V σταθερή

Αντιστάσεις σε Ω	Εντάσεις σε A
$R_1 =$	$I_1 =$
$R_2 =$	$I_2 =$
$R_3 =$	$I_3 =$

- γ) Να επαληθεύσετε το νόμο του Ωμ.
- δ) Περιγράψτε στο τετράδιό σας την πορεία πραγματοποιήσεως της ασκήσεως και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τας συμπεράσματά σας.
2. Επαναλάβετε την προηγούμενη συνδεσμολογία με μία από τις αντιστάσεις της ασκήσεως 1. Τροφοδοτήστε όμως το κύκλωμα με τρεις διαφορετικές τιμές τάσεως (τις τιμές των τάσεων θα σας τις καθορίσουν στο εργαστήριο). Σημειώστε τις ενδείξεις των οργάνων στις αντίστοιχες στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων 5.2.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 5.2.3.

Αντίσταση R... Ω σταθερή

Τάσεις σέ V	Εντάσεις σε A
$U_1 =$	$I_1 =$
$U_2 =$	$I_2 =$
$U_3 =$	$I_3 =$

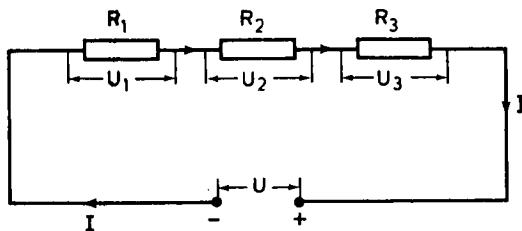
- β) Να επαληθεύσετε το νόμο του Ωμ (ΟΗΜ).
- γ) Περιγράψτε την άσκηση στο τετράδιό σας.
3. α) Πόσα βολτ θα είναι η πτώση τάσεως σε μία αντίσταση 6 kΩ που διαρρέεται με ρεύμα εντάσεως 4 mA;
- β) Αν σας δοθούν τρία βολτόμετρα με περιοχές μετρήσεως $0 \div 50V$, $0 \div 250V$ και $0 \div 300V$ αντιστόχως. Ποιο θα είναι το καταλληλότερο και γιατί για τη μέτρηση της παραπάνω πτώσεως τάσεως;
- γ) Να επαληθεύσετε τους υπολογισμούς και τις παρατηρήσεις σας με εργαστηριακή άσκηση, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα όργανα και τις κατάλληλες συσκευές που διαθέτει το εργαστήριό σας.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

6.1 Γενικά.

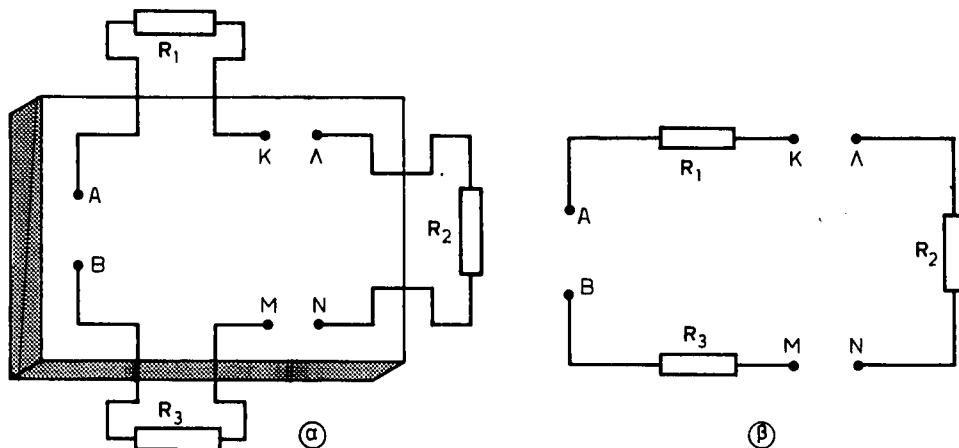
Δύο ή περισσότερες αντιστάσεις (καταναλώσεις) είναι σε σειρά (σχ. 6.1) όταν έχουν συνδεθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να περνά από όλες το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα [ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Ίδρυμα Ευγενίδου Β' Λυκείου, παράγρ. 5.3(a)].



Σχ. 6.1.
Αντιστάσεις σε σειρά.

6.2 Ασκήσεις.

1. α) Με τις τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , που θα σας δοθούν, να κατασκευάσετε στο «σασσί» [σχ. 6.2a (α)] το κύκλωμα του σχήματος 6.2a (β).



Σχ. 6.2a.

Μετρήστε με το ωμόμετρο τις τιμές των αντιστάσεων R_1 , R_2 και R_3 . Να βραχυκυκλώσετε τα σημεία K,Λ και M,N του κυκλώματος και να μετρήσετε την ολική αντίσταση στα άκρα A,B της συνδεσμολογίας. Τις ενδείξεις του ωμόμετρου να τις καταχωρίσετε στον πίνακα αποτελεσμάτων 6.2.1.

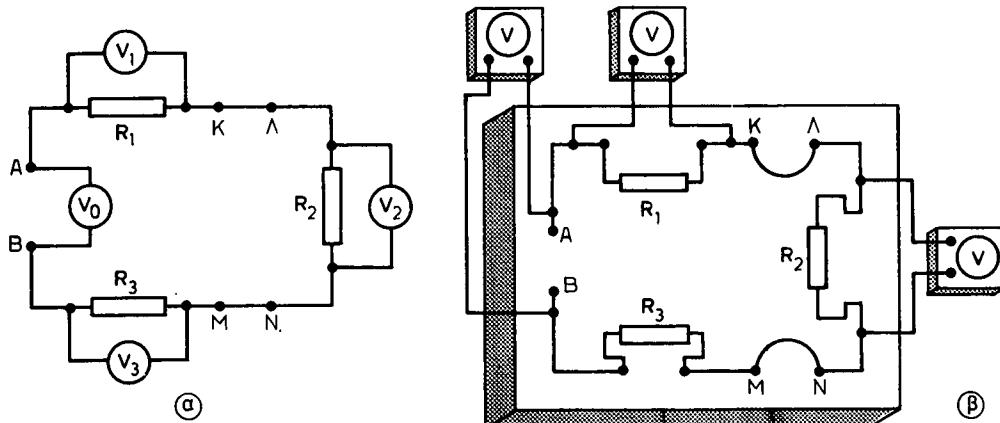
β) Να επαληθεύσετε τη σχέση $R = R_1 + R_2 + R_3$.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 6.2.1.

Αντιστάσεις σε Ω	
$R_1 =$	
$R_2 =$	
$R_3 =$	
$R =$	

2. α) Αφού κατασκευάσετε το κύκλωμα της ασκήσεως 1, τοποθετήστε δύο αμπερόμετρα στα σημεία K,Λ και M,N του κυκλώματος. Σχεδιάστε τη συνδεσμολογία που προκύπτει στο τετράδιο σας. Αφού γίνει ο έλεγχος της συνδεσμολογίας, τροφοδοτήστε με ηλεκτρική τάση το κύκλωμα (την τιμή της τάσεως θα σας την καθορίσουν στο έργαστρο). Σημειώστε τις ενδείξεις των αμπερομέτρων. Παρατηρήστε ότι και οι δύο είναι ίδιες.

β) Να βραχυκυκλώσετε τα σημεία K,Λ και M,N του κυκλώματος και να το τροφοδοτήσετε με τάση, όπως προηγουμένως. Με ένα βολτόμετρο μετρήστε τις τάσεις μεταξύ των σημείων (AK), (ALN), (MB) και AB, που είναι αντιστοίχως οι πτώσεις τάσεως στις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 και R (σχ. 6.2β (β)).



Σχ. 6.2β.

α) Θεωρητικό κύκλωμα. β) Το κύκλωμα στο «σασσί» (πρακτικό κύκλωμα).

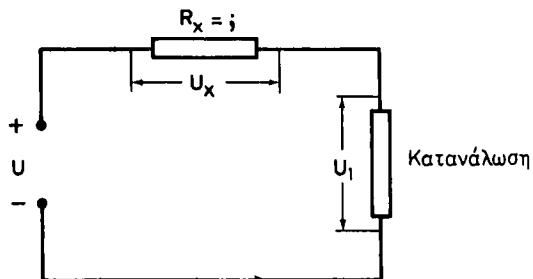
Σημειώνοντας τις ενδείξεις του βολτόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 6.2.2 θα παρατηρήσετε ότι η τάση στα άκρα A,B ισούται με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα των αντιστάσεων R_1 , R_2 και R_3 (2ος κανόνας του Κίρκωφ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 6.2.2.

Τάσεις σε V	
$U_1 =$	
$U_2 =$	
$U_3 =$	
$U =$	

γ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την άσκηση και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

3. α) Πόση πρέπει να είναι η αντίσταση R_x στο κύκλωμα του σχήματος 6.2γ για να λειτουργήσει κανονικά ηλεκτρική κατανάλωση 0,3A με τάση 100 V, όταν συνδεθεί σε δίκτυο τάσεως 220 V;



Σχ. 6.2γ.

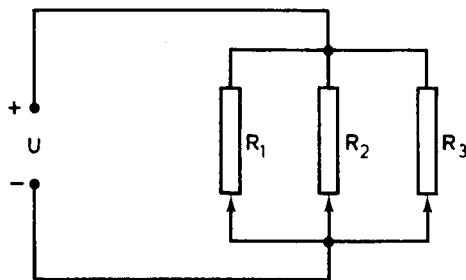
β) Κατασκευάστε με καταναλωτές και αντιστάσεις, που διαθέτει το εργαστήριο, ένα κύκλωμα όπως το προηγούμενο. Να επαληθεύσετε με τα κατάλληλα όργανα μετρήσεως τη σχέση: $U = U_x + U_1$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

7.1 Γενικά.

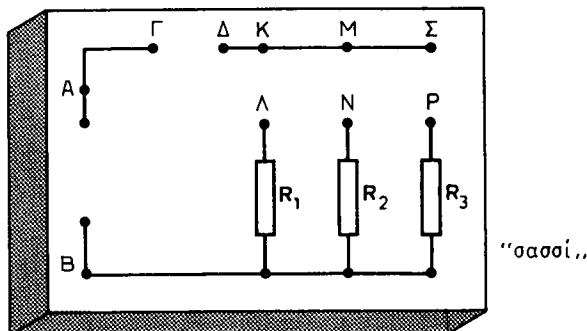
Δύο ή περισσότερες αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα (σχ. 7.1) όταν έχουν συνδεθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε στα άκρα τους να εφαρμόζεται η ίδια ηλεκτρική τάση [Παράγρ. 5.3(a) ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Β' Λυκείου Ίδρυμα Ευγενίδου].



Σχ. 7.1

7.2 Ασκήσεις.

1. Κατασκευάστε με τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 στο «σασόι» το κύκλωμα του σχήματος 7.2α.
α) Μετρήστε με το ωμόμετρο τις τιμές των αντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 . Κατόπιν βραχυκυκλώστε τα σημεία Γ , Δ , K , L , M , N και Σ , P του κυκλώματος και μετρήστε την ολική αντίσταση στα άκρα AB της



Σχ. 7.2α.

συνδεσμολογίας. Τις ενδείξεις του ωμόμετρου να τις καταχωρίσετε στον πίνακα αποτελεσμάτων 7.2.1.

β) Να επαληθεύσετε τις σχέσεις:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \quad \text{και} \quad G = G_1 + G_2 + G_3$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 7.2.1.

Αντιστάσεις σε Ω	Αγωγιμότητες σε ($\mu\omega$) Ω
$R_1 =$	$G_1 = \frac{1}{R_1}$
$R_2 =$	$G_2 = \frac{1}{R_2}$
$R_3 =$	$G_3 = \frac{1}{R_3}$
$R =$	$G = \frac{1}{R}$

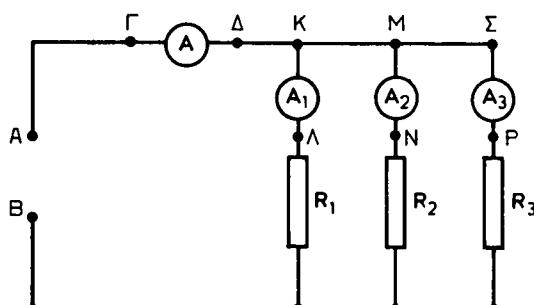
γ) Χωρίς να αποσυνδέσετε το προηγούμενο κύκλωμα, τροφοδοτήστε το με τάση, της οποίας την τιμή θα σας την καθορίσουν στο εργαστήριο. Με ένα βολτόμετρο μετρήστε διαδοχικά τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 και την τάση τροφοδοτήσεως. Σημειώστε τις ενδείξεις του βολτόμετρου στο πίνακα αποτελεσμάτων 7.2.2. Θα παρατηρήσετε ότι όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση με την τάση τροφοδοτήσεως του κυκλώματος.

Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την άσκηση. Σημειώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 7.2.2.

Τάσεις σε V	
$U_1 =$	
$U_2 =$	
$U_3 =$	
$U =$	

2. a) Τοποθετήστε τέσσερα αμπερόμετρα στο «σασσί» της προηγούμενες ασκήσεως όπως στο σχήμα 7.2β.



Σχ. 7.2β.

Αφού σας γίνει ο έλεγχος της συνδεσμολογίας τροφοδοτήστε το κύκλωμα με τάση. Σημειώστε τις ενδείξεις των αμπερομέτρων στο πίνακα αποτελεσμάτων 7.2.3. Θα παρατηρήσετε ότι η ένταση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα ισούται με το δάθροισμα των ρευμάτων που περνούν από τις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 (1ος κανόνας του Κίρκωφ) και ακόμη ότι ισχύουν οι λόγοι των διακλαδιζομένων ρευμάτων.

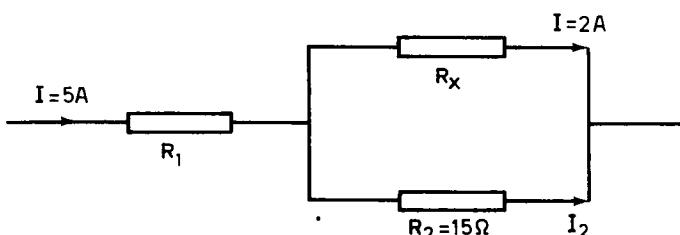
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \frac{R_2}{R_3} = \frac{I_3}{I_2} \quad \text{και} \quad \frac{R_3}{R_1} = \frac{I_1}{I_3}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 7.2.3.

Εντάσεις σε Α	
$I_1 =$	
$I_2 =$	
$I_3 =$	
$I =$	

β) Περιγράψτε συνοπτικά την άσκηση στο τετράδιό σας και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

3. a) Στο κύκλωμα του σχήματος 7.2γ να υπολογίσετε την αντίσταση R_x .



Σχ. 7.2γ.

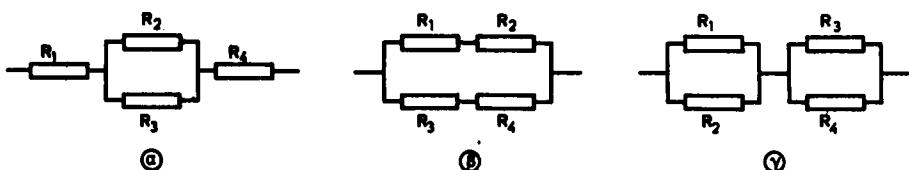
β) Με αντιστάσεις που διαθέτει το εργαστήριο να κατασκευάστε σ' ένα «σασσά» συνδεσμολογία όπως η προηγούμενη, να τροφοδοτήστε το κύκλωμα με την κατάλληλη τάση και να επαληθεύσετε τους δύο κανόνες του Κίρκωφ (τάσεων και εντάσεων).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΜΙΚΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

8.1 Γενικά.

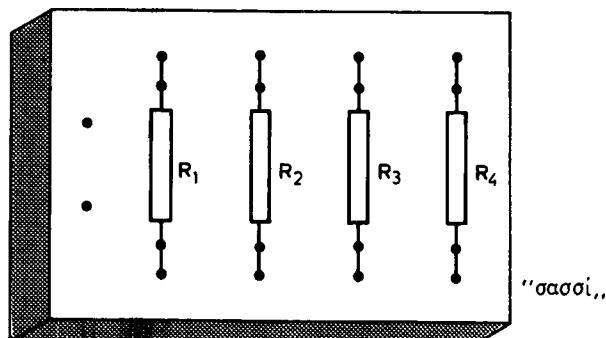
Στα δύο προηγούμενα κεφάλαια εξετάσαμε τα χαρακτηριστικά κυκλωμάτων των οποίων οι αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα. Σε πολλές περιπτώσεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούμε ταυτόχρονα και τους δύο τρόπους συνδεσμολογιών (**μικτή συνδεσμολογία**). Τα χαρακτηριστικά μιας μικτής συνδεσμολογίας ανάγονται μερικώς στα χαρακτηριστικά των συνδεσμολογιών της σειράς και της παράλληλης. Τυπικές περιπτώσεις μικτής συνδεσμολογίας παρουσιάζονται στο σχήμα 8.1.



Σχ. 8.1.
Μικτή συνδεσμολογία.

8.2 Ασκήσεις.

1. a) Μετρήστε με ένα ωμόμετρό τέσσερεις αντιστάσεις R_1, R_2, R_3, R_4 , που θα σας δοθούν, και τις ενδείξεις του ωμόμετρου σημειώστε στις στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων 8.2.1. Τοποθετήστε τις αντιστάσεις στο «σασσί» όπως στο σχήμα 8.2a.



Σχ. 8.2a.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 8.2.1.

Κύκλωμα σχ. 8.1(a)	Κύκλωμα σχ. 8.1(β)	Κύκλωμα σχ. 8.1(γ)
R_1 R_2 R_3 R_4	R_1 R_2 R_3 R_4	R_1 R_2 R_3 R_4
R	R	R

β) Συνδέστε με ακροδέκτες τις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , R_4 με τρόπο, ώστε να πραγματοποιήσετε με τη σειρά τα τυπικά κυκλώματα του σχήματος 8.1. Αφού πραγματοποιήσετε τη συνδεσμολογία κάθε κυκλώματος, μετρήστε με το ωμόμετρο την ολική αντίστασή του. Το αποτέλεσμα κάθε μετρήσεως σημειώστε το στην οριζόντια στήλη R του πίνακα 8.2.1. Μετά τις μετρήσεις να επαληθεύσετε με τις τιμές των αντιστάσεων που έχετε σημειώσει στον πίνακα ότι είναι:

α) Για το κύκλωμα του σχήματος 8.1(a).

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

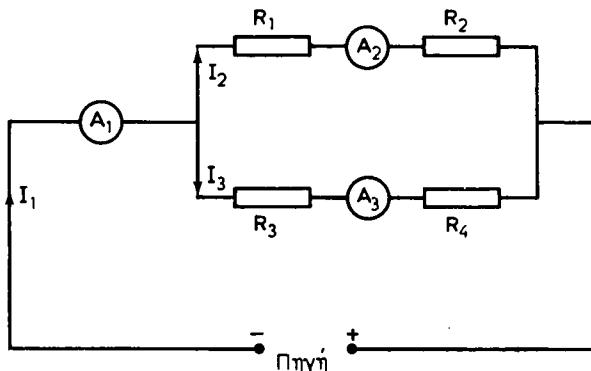
β) Για το κύκλωμα του σχήματος 8.1(β).

$$R = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)}$$

γ) και για το κύκλωμα του σχήματος 8.1(γ).

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

2. Συνδεσμολογήστε τις αντιστάσεις της ακήσεως 1 με τα όργανα όπως το σχήμα 8.2β. Τροφοδοτήστε με τάση το κύκλωμα της οποίας την τιμή θα καθορίσουν στο εργαστήριο.



Σχ. 8.2β.

Πρέπει πριν ακόμη τροφοδοτήσετε το κύκλωμα, να γίνει έλεγχος της συνδεσμολογίας που κάνατε από τον υπεύθυνο καθηγητή. Σημειώστε τις ενδείξεις των αμπερομέτρων στο πίνακα αποτελεσμάτων 8.2.2. Να επαληθεύσετε τον 1ο κανόνα του Κίρκωφ. Δηλαδή: $I_1 = I_2 + I_3$ και το λόγο των εντάσεων:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 8.2.2.

Ενδείξεις αμπερόμετρων σε A	
$I_2 =$	
$I_3 =$	
$I_1 =$	

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2}$$

3. Από το κύκλωμα του σχήματος 8.2β αφαιρέστε τα αμπερόμετρα και βραχυκυκλώστε τα σημεία στα οποία είχαν τοποθετηθεί. Μετρήστε τις τάσεις με ένα βολτόμετρο στα άκρα των αντιστάσεων α) R_1 , β) R_2 , γ) R_3 , δ) R_4 και στα άκρα ολόκληρης της συνδεσμολογίας. Σημειώστε τις ενδείξεις του βολτόμετρου στο πίνακα αποτελεσμάτων 8.2.3. Παρατηρήστε ότι η τάση U_R ισούται με τις τάσεις:

$$U_{R_1} + U_{R_2} \text{ και } U_{R_3} + U_{R_4}.$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 8.2.3.

Ενδείξεις βολτομέτρων σε V	
$U_{R_1} =$	
$U_{R_2} =$	
$U_{R_3} =$	
$U_{R_4} =$	
$U_R =$	

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Περιγράψτε συνοπτικά κάθε άσκηση στο τετράδιό σας σημειώνοντας τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

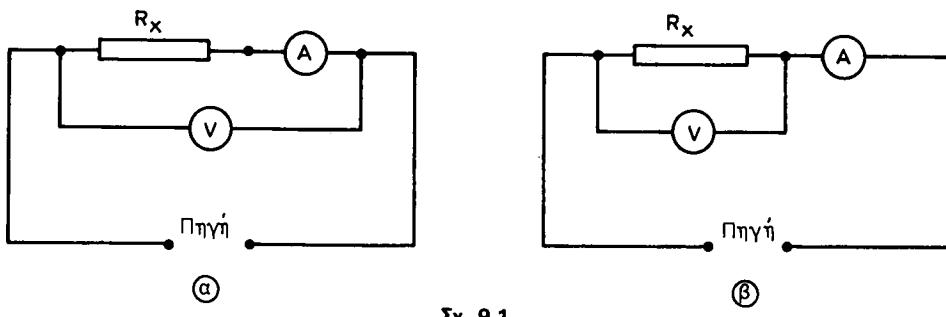
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ

9.1 Γενικά.

Στα προηγούμενα κεφάλαια είχαμε αναφέρει ότι το βολτόμετρο πρέπει να έχει μεγάλη εσωτερική αντίσταση, ενώ το αμπερόμετρο μικρή, γιατί κατά τη σύνδεσή τους αλλοιώνουν τα στοιχεία του κυκλώματος.

Για να μετρήσουμε μια αντίσταση εφαρμόζοντας το νόμο του Ωμ. Θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε μια από τις συνδεσμολογίες του σχήματος 9.1(a), (β).

Στη συνδεσμολογία του σχήματος 9.1(a) το βολτόμετρο μετρά εκτός από την τάση στην αντίσταση R_x και την πτώση τάσεως στην εσωτερική αντίσταση του αμπερόμετρου. Το αποτέλεσμα της μετρήσεως αυτής θα είναι σημαντικά αλλοιωμένο, όταν η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως R_x είναι μικρή.



Σχ. 9.1.

Για τον ακριβή προσδιορισμό της τιμής της αντιστάσεως πρέπει να γνωρίζομε και τα χαρακτηριστικά των οργάνων, που χρησιμοποιούμε, δηλαδή την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου και του αμπερόμετρου. Στην περίπτωση αυτή η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως είναι $R_x = \frac{U_v}{I_A} - r_A$ όπου U_v = ένδειξη του βολτόμετρου, I_A = ένδειξη του αμπερόμετρου και r_A = εσωτερική αντίσταση αμπερόμετρου.

Στη συνδεσμολογία του σχήματος 9.1(β) το αμπερόμετρο μας δείχνει εκτός από την ένταση που περνά μέσα από την άγνωστη αντίσταση R_x και την ένταση που περνά μέσα από το βολτόμετρο για να διεγερθεί. Στην περίπτωση αυτή η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως είναι: $R_x = \frac{U_v}{I - \frac{U_v}{r_A}}$ όπου U_v = ένδειξη βολτόμετρου

I_A = ένδειξη αμπερόμετρου και r_v = εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου.

9.2 Ασκήσεις.

Δίδονται αντιστάσεις R_1 , και R_2 άγνωστης τιμής, ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο, κατάλληλα για τη μέτρηση των τιμών' των αντιστάσεων.

α) Σημειώστε την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου και του αμπερόμετρου. (Ζητήστε πληροφορίες γι' αυτό από τον υπεύθυνο καθηγητή).

β) Για τις δύο άγνωστες αντιστάσεις, που σας έχουν δοθεί για να μετρήσετε, πραγματοποιήστε σε καθεμιά ξεχωριστά και τις δύο συνδεσμολογίες του σχήματος 9.1. Μετά από τον έλεγχο των συνδεσμολογιών, τροφοδοτήστε με τάση τα κυκλώματα και κάθε φορά σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 9.2.1 τις ενδείξεις του βολτόμετρου και του αμπερόμετρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 9.2.1.

	Αντίσταση R_1		Αντίσταση R_2	
Ενδείξεις βολτόμετρου - αμπερόμετρου	Συνδεσμολογία σχ. 9.1(a)	Συνδεσμολογία σχ. 9.1(β)	Συνδεσμολογία σχ. 9.1'(a)	Συνδεσμολογία σχ. 9.1(β)
U				
I				
Τιμή αντιστάσεως με απ' ευθείας εφαρμογή του νόμου του Ωμ				
Υπολογισθείσα τιμή R_x από τις σχέσεις Παράγρ. 9.1				

γ) Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων και του υπολογισμού των αντιστάσεων, να προσδιορίσετε σε κάθε περίπτωση το σφάλμα επί τοις %.

δ) Περιγράψτε στο τετράδιό σας την άσκηση, αφού σχεδιάσετε και τις σχετικές συνδεσμολογίες. Σημειώστε τα χαρακτηριστικά στοιχεία των οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιήσατε.

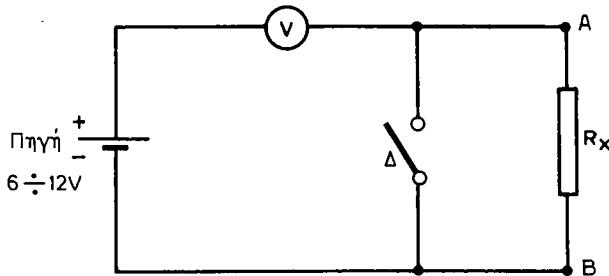
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΝΑ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ ή ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ

10.1 Γενικά.

Μπορούμε με ένα βολτόμετρο (μέθοδος συγκρίσεως τάσεων) να μετρήσουμε μια αντίσταση με ικανοποιητική προσέγγιση χρησιμοποιώντας μια από τις παρακάτω συνδεσμολογίες:

a) Με ένα βολτόμετρο του οποίου γνωρίζομε την εσωτερική αντίσταση r_v πραγματοποιούμε συνδεσμολογία του κυκλώματος του σχήματος 10.1α.



Σχ. 10.1α.

Στα σημεία Α και Β τοποθετούμε την άγνωστη αντίσταση. Όταν ο διακόπτης Δ είναι κλειστός (Θέση ON), η αντίσταση R_x παραμένει βραχυκυκλωμένη και το βολτόμετρο δείχνει την πολική τάση της πηγής V_1 . Στην περίπτωση που ο διακόπτης Δ είναι ανοικτός (Θέση OFF), το βολτόμετρο δείχνει την τάση: $V_2 = r_v I_2$ (1). Το ρεύμα I_2 με μεγάλη προσέγγιση είναι:

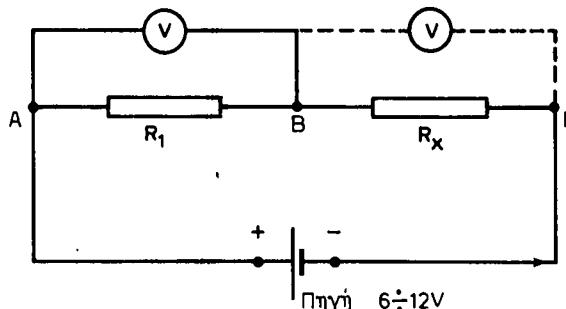
$$I_2 = \frac{V_1}{r_v + R_x} \quad (2)$$

Τη σχέση (2) αντικαθιστούμε στην (1) και λύνοντάς την ως προς την R_x , καταλήγομε στο ότι:

$$R_x = r_v \frac{V_1 - V_2}{V_2}$$

Εφ' όσον η r_v είναι γνωστή και V_1, V_2 είναι οι διαδοχικές ενδείξεις του βολτόμετρου, υπολογίζομε την τιμή της άγνωστης αντιστάσεως R_x . Η μέθοδος αυτή είναι ενδεδειγμένη όταν πρόκειται να μετρήσουμε αντιστάσεις των οποίων η τιμή είναι συγκρίσιμη με την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου.

β) Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος του σχήματος 10.1β χρησιμοποιώντας μια γνωστή αντίσταση R_1 με τιμή συγκρίσιμη με την τιμή της αντιστάσεως που θέλομε να μετρήσουμε. Στα σημεία Β, Γ τοποθετείται η άγνωστη



Σχ. 10.1β.

αντίσταση R_x . Το βολτόμετρο τοποθετείται πρώτα στα σημεία A, B. Στη θέση αυτή μας δείχνει την πτώση τάσεως V_1 , στα άκρα της R_1 , που είναι ίση με: $V_1 = R_1 \cdot I$. Κατόπιν μετατοπίζομε το βολτόμετρο στα σημεία B. Εδώ μας δείχνει την πτώση τάσεως, στα άκρα της αγνωστής αντιστάσεως R_x και είναι ίση με: $V_2 = R_x \cdot I$.

Συγκρίνομε τις δύο ενδείξεις του βολτόμετρου $\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_x \cdot I}{R_1 \cdot I}$ και που καταλήγομε στο ότι: $R_x = R_1 \cdot \frac{V_2}{V_1}$. Με τη σχέση αυτή υπολογίζομε την R_x , εφ' όσον μας είναι γνωστή η τιμή της R_1 .

Η μέθοδος αυτή είναι πιο ενδεδειγμένη όταν η προς μέτρηση αντίσταση έχει τιμή συγκριτικά πολύ μικρότερη από την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου. **Πρέπει να φροντίζομε, ώστε η τιμή της R_1 , να είναι συγκρίσιμη με την αντίσταση που θέλομε να μετρήσουμε, ώστε ο λόγος των τάσεων να πλησιάζει τη μονάδα.**

10.2 Ασκήσεις.

- α) Μετρήστε αγνωστες αντιστάσεις, που θα σας δοθούν στο εργαστήριο και με τους δύο τρόπους τους οποίους περιγράψαμε στην παράγραφο 10.1. Σχεδιάστε τις σχετικές συνδεσμολογίες. Καταχωρήστε τις τιμές των μετρήσεων σας στον πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.1. Στη συνέχεια υπολογίστε τις τιμές των αντιστάσεων για κάθε τρόπο μετρήσεως, με τις αντίστοιχες σχέσεις:

$$R_x = r_V \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_2} \quad \text{και} \quad R_x = R_1 \cdot \frac{V_2}{V_1}$$

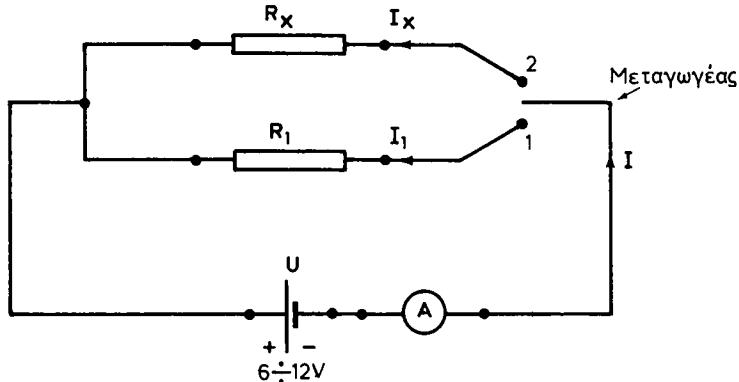
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 10.2.1.

Εσωτερική αντίσταση βολτόμετρου $r_V = \dots \Omega$ Αντίσταση $R_1 = \dots \Omega$

Άγνωστες αντιστάσεις	Μέτρηση σχήματος 10.1α			Μέτρηση σχήματος 10.1β		
	Τάσεις (V)		$R_x (\Omega)$	Τάσεις (V)		$R_x (\Omega)$
	V_1	V_2		V_1	V_2	
1						
2						
3						

- Αφού σχεδιάσετε στο τετράδιό σας τις συνδεσμολογίες των μετρήσεων σας και έχετε σημειώσει τα αποτελέσματα της ασκήσεως, εξηγήστε που οφείλονται οι διαφορές μεταξύ των δύο τρόπων μετρήσεων που πραγματοποιήσατε. Δικαιολογήστε σε κάθε περίπτωση ποια τιμή της R_x είναι πιο ακριβής.

2. Μια άγνωστη αντίσταση μπορούμε να τη μετρήσουμε χρησιμοποιώντας μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (π.χ. $6 \div 12V$), ένα αμπερόμετρο (A) και μια αντίσταση R_1 γνωστής τιμής (σχήμα 10.2).
- α) Με τα κατάλληλα όργανα και τις κατάλληλες συσκευές που θα σας δοθούν κατασκευάστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 10.2 για να μετρήσετε άγνωστες αντιστάσεις R_x .



Σχ. 10.2.

β) Αποδείξτε ότι ισχύει η σχέση:

$$R_x = R_1 \cdot \frac{I_1}{I_x}$$

δημο R_x = άγνωστη αντίσταση.

R_1 = γνωστή αντίσταση.

I_1 = ένδειξη αμπερόμετρου (A) όταν ο μεταγωγέας είναι στη θέση (1).

I_x = ένδειξη αμπερόμετρου (A) όταν ο μεταγωγέας είναι στη θέση (2).

γ) Μετρήστε άγνωστες αντιστάσεις, οι οποίες θα σας δοθούν στο εργαστήριο με τη μέθοδο που περιγράψαμε παραπάνω. Καταχωρίστε τις τιμές των μετρήσεών σας στον πίνακα αποτελεσμάτων 10.2.2 και υπολογίστε τις R_x .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 10.2.2.

Άγνωστες αντιστάσεις	Ενδείξεις αμπερόμετρου (A)		Υπολογισθείσα R_x (Ω)
	I_1 (A)	I_x (A)	
1			
2			
3			
.			

δ) Περιγράψτε συνοπτικά την άσκηση στο τετράδιό σας, αφού σημειώσετε σ' αυτό τα στοιχεία των οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιήσατε.

Ποια τα συμπεράσματά σας από τις μετρήσεις ιδιαίτερα για τη σχέση της τάξεως μεγέθους των R_1 και R_x .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΥΪΣΤΟΝ (WHEATSTONE)

11.1 Γενικά.

Η γέφυρα του Γουΐστον (Wheatstone) της οποίας τη λειτουργία θα περιγράψω με παρακάτω, χρησιμοποιείται ως βασική διάταξη για την κατασκευή από το εμπόριο μιας ολόκληρης σειράς συσκευών ηλεκτρικών μετρήσεων. Είναι κατάλληλη για τη μέτρηση ωμικών αντιστάσεων με μικρές τιμές 0,001 Ω μέχρι 10 Ω όπως και για τη μέτρηση αντιστάσεων με μεγάλη τιμή μέχρι 100 MΩ και πάνω. Βασικά αποτελείται από τέσσερις αντιστάσεις, την άγνωστη αντίσταση R_x και τρεις άλλες αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 με γνωστές και μεταβλητές τιμές, που συνδέονται με μια διάταξη τετραπλεύρου, όπως στο σχήμα 11.1a. Το κύκλωμα τροφοδοτείται από μια πηγή Ε, που συνδέεται μεταξύ των κορυφών Α και Γ του τετραπλεύρου. Οι δύο άλλες κορυφές Β και Δ ενώνονται με ένα γαλβανόμετρο ή ένα μιλλιαμπερόμετρο (όργανο πολυευαίσθητο) που το μηδέν της κλίμακάς του βρίσκεται στο μέσον τους. Με το διακόπτη Δ, κλειστό (θέση ON), το όργανο (Γ) μας δείχνει ότι από το κύκλωμα περνά κάποιο ρεύμα. Με τις μεταβλητές αντιστάσεις R_a και R_b στις κατάλληλες θέσεις ρυθμίζουμε το ρεύμα ώστε να μην είναι επικίνδυνο για το όργανο. Αν ρυθμίσουμε τη μεταβλητή αντίσταση R_1 και δώσουμε τις κατάλληλες τιμές στο λόγο των αντιστάσεων R_3/R_2 , μπορούμε να επιτύχομε, ώστε από το όργανο (Γ) να μην περνά ρεύμα. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η γέφυρα **ισορροπεί**. Τη στιγμή που η γέφυρα ισορροπεί, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των Β και Δ γίνεται μηδέν. Τότε το ρεύμα I_1 που περνά από τη μεταβλητή αντίσταση R_1 , συνεχίζει τη ροή του προς τον κόμβο Γ και από την αντίσταση R_x . Το ίδιο συμβαίνει και στο ρεύμα I_2 , το οποίο περνά από την R_2 και συνεχίζει προς τον κόμβο Γ από την αντίσταση R_3 . Εφ' όσον με τη ρύθμιση των αντιστάσεων η διαφορά δυναμικού μεταξύ των Β και Δ γίνεται μηδέν, η πτώση τάσεως στα άκρα της R_1 ισορροπείται με την πτώση της τάσεως στα άκρα της R_2 .

$$\Delta\text{λοδή} \quad R_1 I_1 = R_2 \cdot I_2 \quad (1)$$

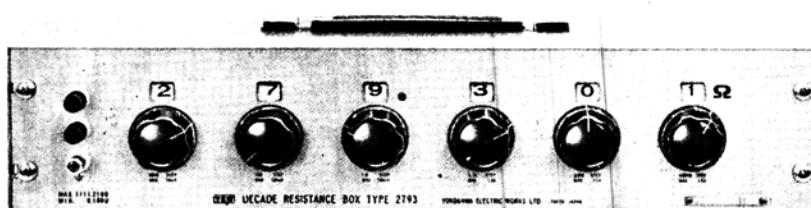
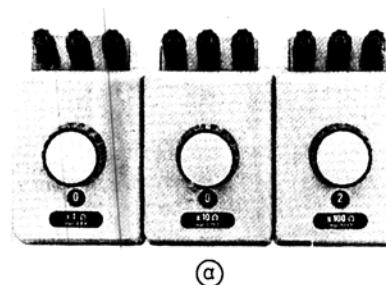
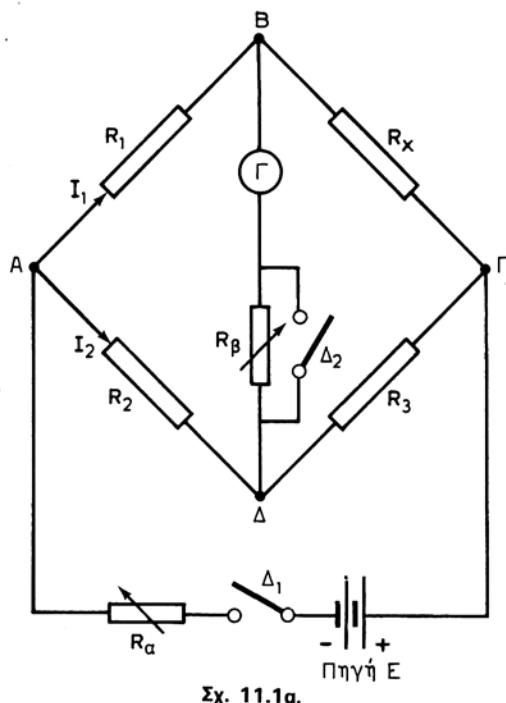
Το ίδιο συμβαίνει και με τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων R_x και R_3 . Και εδώ έχομε:

$$R_x \cdot I_1 = R_3 \cdot I_2 \quad (2)$$

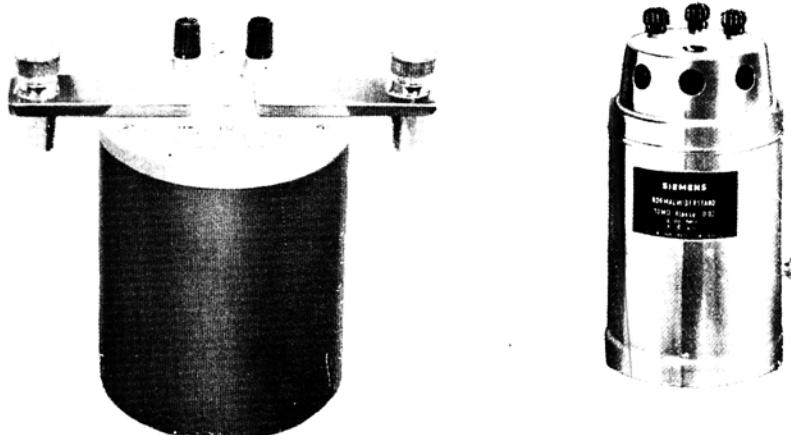
Αν διαιρέσουμε τη σχέση (1) με (2) καταλήγομε στο ότι:

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} \quad \text{καὶ} \quad R_x = R_1 \cdot \frac{R_3}{R_2} \quad (3)$$

Από τις τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 η πρώτη είναι μεταβλητή αντίσταση, βασικά είναι ένας ροοστάτης, του οποίου ο δείκτης κινείται μπροστά σε μία κλίμακα βαθμολογημένη απ' ευθείας σε ωμ με βάση την τελική σχέση (3). Συνήθως η μεταβλητή αυτή αντίσταση αποτελείται από μία σειρά μικρομετρικών δεκαδικών μεταγωγών, που έχουν προσαρμοσθεί στην πρόσοψη της γέφυρας ή είναι ένα ξεχωριστό κιβώτιο δεκαδικών αντιστάσεων όπως στο σχήμα 11.1β. Οι αντιστάσεις R_2 και R_3 είναι συνήθως σταθερές και **πρότυπες** (σχ. 11.1γ). Με το λόγο των δύο αυ-



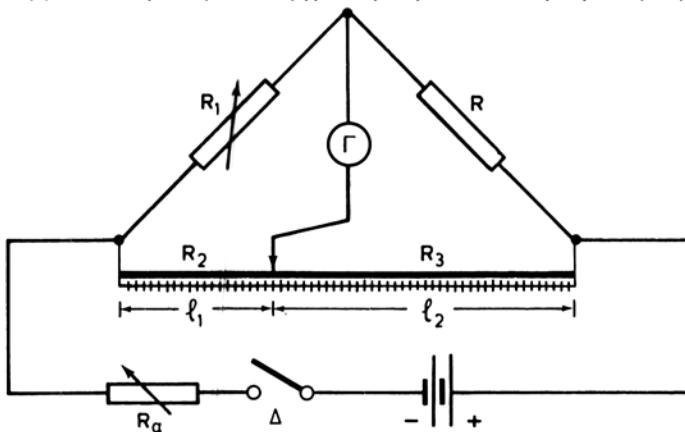
Σχ. 11.1β.
Δεκαδικές αντιστάσεις σε ξεχωριστό κιβώτιο.



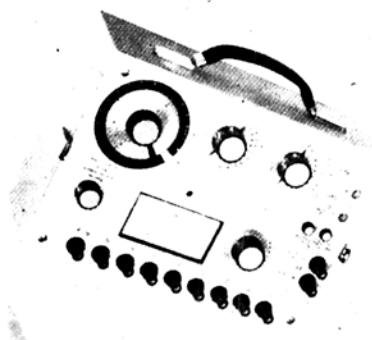
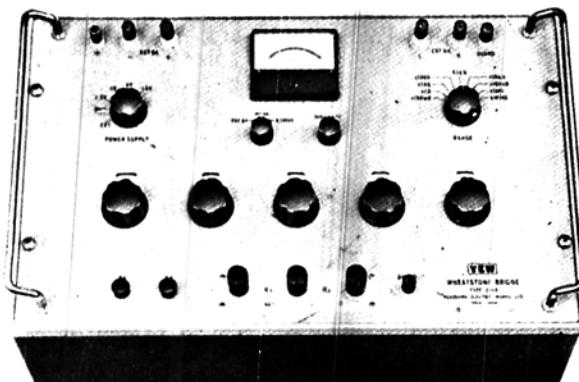
Σχ. 11.1γ.
Μορφές προτύπων αντιστάσεων.

των αντιστάσεων καθορίζουμε την περιοχή μετρήσεως της γέφυρας. Εάν ο λόγος γίνει ίσος προς $10,100,1000$ κλπ., τότε η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως R_x θα είναι $10,100,1000$ κλπ., φορές μεγαλύτερη από την αναγραφόμενη κατά τη στιγμή ισορροπίας στη μεταβλητή αντίσταση R_1 . Η γέφυρα αποκτά τη μεγαλύτερη **ευαισθησία της** όταν ο λόγος των αντιστάσεων R_3/R_2 είναι ίσος με τη **μονάδα**. Μπορούμε να αντικαταστήσουμε τις δυο πρώτες σταθερές αντιστάσεις R_2, R_3 με ένα σύρμα από μαγγανίτη ή χρωμιονικέλινη και ένα δρομέα που να κινείται πάνω στο σύρμα, όπως στο σχήμα 11.1δ. Οι τιμές των αντιστάσεων R_2, R_3 είναι αντίστοιχα ανάλογες με τα μήκη l_1 και l_2 του σύρματος. Η σχέση (3), μπορεί να

αντικατασταθεί με την $R_x = R_1 \frac{l_2}{l_1}$. Έτσι, όταν γνωρίζουμε την τιμή της μεταβλητής αντιστάσεως R_1 , και το λόγο των μηκών l_2/l_1 , του σύρματος κατά τη στιγμή που η γέφυρα ισορροπεί, δηλαδή δε διέρχεται ρεύμα από το γαλβανόμετρο, υπολογί-



Σχ. 11.1δ.



Σχ. 11.1ε.
Δύο τύποι γεφυρών μετρήσεως αντιστάσεων.

ζομε την άγνωστη αντίσταση R_x . Η μορφή αυτής της γέφυρας του Γουίστον αναφέρεται ως γέφυρα χορδής. Μέ ειδικές τροποποιήσεις πάνω στη γέφυρα Γουίστον κατασκευάζονται οι γέφυρες Τόμσον (Thomson), Κέλβιν (Kelvin), Μίλλερ (Mueller) που είναι γέφυρες μεγάλης ακριβείας και μπορούμε να μετρήσουμε αντίστασεις μέχρι 100 $\mu\Omega$. Διάφοροι τύποι γεφυρών μετρήσεως αντιστάσεων του εμπορίου φαίνονται στο σχήμα 11.1ε.

11.2 Ασκήσεις.

1. α) Με όργανα, συσκευές και αντιστάσεις που θα σας δοθούν στο εργαστήριο κατασκευάστε ένα κύκλωμα γέφυρας της μορφής του σχήματος 11.1α. Σχεδιάστε το κύκλωμα στο τετράδιό σας. Με τη «γέφυρα» αυτή να μετρήσετε τις τιμές διαφόρων αγνώστων αντιστάσεων R_x που επίσης θα σας δοθούν. Την ηλεκτρική πηγή που θα χρησιμοποιήσετε θα σας την υποδείξει ο υπεύθυνος καθηγητής. Πριν αρχίσετε οποιαδήποτε μέτρηση θα καλέσετε τον υπεύθυνο καθηγητή να ελέγξει τη συνδεσμολογία της γέφυρας.
β) Κλείστε το διακόπτη Δ_1 , και ρυθμίστε την αντίσταση R_a , ώστε τα ρεύματα από τους κλάδους των αντιστάσεων να περιορισθούν σε ασφαλείς τιμές γι' αυτές. Στη συνέχεια ρυθμίστε την αντίσταση R_1 μέχρι το ρεύμα από το όργανο (Γ) να μηδενισθεί. Μετά βραχυκυκλώστε την R_B κλείνοντας το διακόπτη Δ_2 . Επαναλάβετε τη ρύθμιση της R_1 μέχρι να επιτύχετε τέλειο μηδενισμό του ρεύματος με το όργανο (Γ). Με τον τρόπο αυτό κάνετε μικρομετρική ρύθμιση στην ισορροπία της γέφυρας. Σημειώστε τις τιμές των αντιστάσεων R_1 , R_2 και R_3 στον πίνακα αποτελεσμάτων 11.2.1 και υπολογίστε την τιμή της R_x . Στην περίπτωση που η γέφυρα δεν ισορροπεί, πρέπει να αλλάξετε το λόγο των αντιστάσεων R_3/R_2 .
γ) Επαναλάβετε την προηγούμενη εργασία και για τις άλλες άγνωστες αντιστάσεις, που σας έχουν δοθεί στο εργαστήριο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 11.2.1.

Άγνωστες αντιστάσεις	Τιμές σε Ω ρυθμιστικών αντιστάσεων			Υπολογισθείσα τιμή άγνωστης αντιστάσεως	Τιμές αντιστάσεων μετρηθείσες με συσκευή εμπορίου
	R_1	R_2	R_3		
$R_{x1} =$					
$R_{x2} =$					
$R_{x3} =$					
$R_{x4} =$					

2. α) Παρατηρήστε τους διακόπτες και τα διάφορα κουμπιά των «γεφυρών μετρήσεως αντιστάσεων» του εμπορίου οι οποίες σας έχουν δοθεί στο εργαστήριο, και συγκρίνετε το ρόλο που πάζει τους καθένα από αυτά σε σύγκριση με τα στοιχεία του κυκλώματος της γέφυρας που κατασκευάστε μόνοι σας στην άσκηση 1.
β) Μετρήστε τις αντιστάσεις της προηγούμενης ασκήσεως με την κατάλληλη συσκευή γέφυρας μετρήσεως αντιστάσεων του εμπορίου. Σημειώστε τις τιμές τους στον παραπάνω πίνακα. Εξηγήστε που οφείλονται οι τυχόν διαφορές που θα έχετε στις τιμές μεταξύ των δύο τρόπων μετρήσεων. ('Άσκηση 1 και 2).

γ) Εξηγήστε τι θα συμβεί στο κύκλωμα της ασκήσεως 1 όταν, τη στιγμή που ισορροπεί η γέφυρα βραχυκυκλωθεί ο κόμβος B με το Δ και τι θα συμβεί όταν διπλασιασθεί η τάση της πηγής τροφοδοτήσεως.
Μπορείτε να επαληθεύσετε τις παρατηρήσεις αυτές με μέτρηση;

ΣΗΜΕΙΩΣΗ. Σημειώστε στο τετράδιό σας τα χαρακτηριστικά στοιχεία των οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιήσατε στις μετρήσεις σας. Σχεδιάστε τις σχετικές συνδεσμολογίες και αναφέρετε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

12.1 Γενικά.

Στην Α' τάξη Λυκείου («ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ» Άσκηση 14) μάθατε πώς να υπολογίζετε μια προστατευτική αντίσταση ηλεκτρικής συσκευής και τι χρειάζεται για την κατασκευή της.

Στην ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ της Β' Λυκείου, Παράγραφος 4.3α, μπορείτε να μάθετε και τα θεωρητικά δεδομένα για την παραπάνω άσκηση.

Στο κεφάλαιο αυτό θα συμπληρώσουμε τις γνώσεις και δεξιότητές σας με υποδείξεις για την πραγματοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων κατασκευής προστατευτικών αντιστάσεων.

Επισημαίνομε ότι:

α) Η εκλογή της διατομής του σύρματος της προστατευτικής αντιστάσεως, που προσφέρεται στο εμπόριο σε τυποποιημένες διαστάσεις, αποτελεί το πρόβλημα της όλης κατασκευής.

β) Η εκλεγείσα διατομή του σύρματος πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος, ώστε η ίσχυς που απορροφάται κατά το χρόνο λειτουργίας του να μην το υπερθερμαίνει και το μετατρέπει σε θερμική αντίσταση.

Η επιτρεπόμενη θερμοκρασία στις προστατευτικές αντιστάσεις δεν υπερβαίνει τους 45°C.

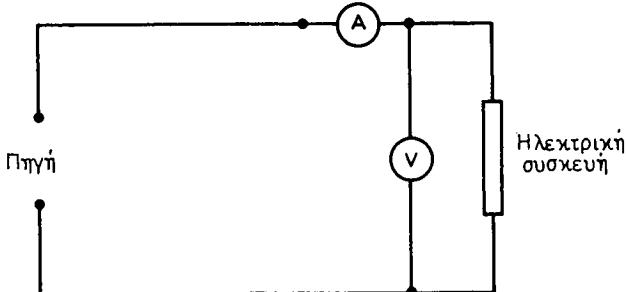
γ) Για την κατασκευή της προστατευτικής αντιστάσεως χρησιμοποιούμε κατάλληλο μονωτικό υλικό, συνήθως σε σχήμα κυλινδρικό (σωλήνα) πάνω στο οποίο τυλίγομε το σύρμα.

Προστατευτικές αντιστάσεις μικρής ισχύος τυλίγονται πάνω σε πρεσπάν ή βακελίτη, ενώ αντιστάσεις με μεγάλη ισχύ επιβάλλουν τη χρησιμοποίηση κεραμικού υλικού.

12.2 Ασκήσεις.

1. Ηλεκτρική συσκευή αυτοκινήτου έχει ισχύ 30 W και προορίζεται να χρησιμοποιηθεί με συσσωρευτή των 6 V. Τη συσκευή αυτή θα τη χρησιμοποιήσουμε σε αυτοκίνητο των 12 V, γι' αυτό πρέπει να συνδέσουμε σε σειρά με αυτή μια προστατευτική αντίσταση.
 - α) Υπολογίστε την τιμή της αντιστάσεως και την ισχύ της.
 - β) Με υλικά, δοκίμια και όργανα, που θα σας δοθούν στο εργαστήριο κατασκευάστε την προστατευτική αντίσταση.

- γ) Με το κατάλληλο ωμόμετρο μετρήστε και επαληθεύστε την τιμή της αντιστάσεως (Ω).
2. α) Δίδονται δύο ηλεκτρικές συσκευές με ορισμένη τάση λειτουργίας η καθημιά (την τιμή της τάσεως λειτουργίας κάθε συσκευής θα την πληροφορηθείτε από τον υπεύθυνο καθηγητή). Για κάθε συσκευή πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 12.2α.



Σχ. 12.2α.

Σε κάθε περίπτωση τροφοδοτήστε το κύκλωμα με την ονομαστική τάση της συσκευής. Γράψτε τα αποτελέσματα των μετρήσεών σας στον πίνακα αποτελεσμάτων 12.2.1 και υπολογίστε τις ισχείς των ηλεκτρικών συσκευών ($P = U \cdot I$).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 12.2.1.

Ονομασία ηλ. συσκευής	Ονομαστική τάση σε V	Ονομαστική ένταση σε A	Ονομαστική ισχύς σε W
1			
2			

β) Μετά από τις παραπάνω μετρήσεις θα σας καθορίσουν νέες τιμές τάσεως τροφοδοτήσεως των ηλεκτρικών συσκευών. Μέ βάση τις νέες αυτές τιμές τάσεως, υπολογίστε τις τιμές των προστατευτικών αντιστάσεων R_σ που πρέπει να συνδέσετε σε σειρά με τις συσκευές για να λειτουργήσουν αυτές κανονικά.

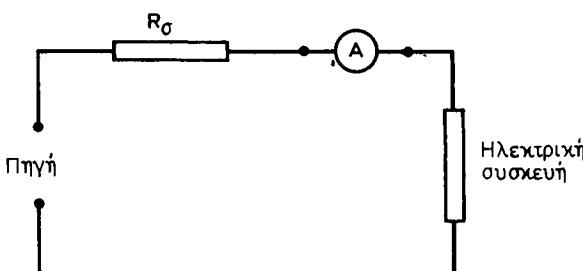
γ) Με την υπόδειξη του υπεύθυνου καθηγητή θα διαλέξετε το κατάλληλο σύρμα, από αυτά που διαθέτει το εργαστήριο (διατομή S, ειδική αντίσταση ρ).

Μετά την εκλογή αυτή θα υπολογίσετε το μήκος του σύρματος l που θα χρησιμοποιήσετε για την

$$\text{κατασκευή της αντιστάσεως: } l = \frac{R_\sigma \cdot S}{\rho} .$$

δ) Ζητήστε τα υλικά και ό,τι άλλο χρειάζεστε και κατρακευάστε τις προστατευτικές αντιστάσεις.

ε) Μετά την κατασκευή των αντιστάσεων (R_σ) συνδέστε αυτές όπως στο σχήμα 12.2β με τις αντίστοιχες συσκευές για τις οποίες έχουν υπολογισθεί.



Σχ. 12.2β.

Τροφοδοτήστε την κάθε συνδεσμολογία με την ηλεκτρική τάση του υπολογισμού σας. Μετρήστε με ένα βολτόμετρο την τάση στα άκρα της R_σ της συσκευής και την τάση τροφοδοτήσεως. Συμπληρώστε τον πίνακα 12.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 12.2.2.

Όνομασία ηλεκτρικής συσκευής	Ένταση συσκευής	Τάση V_{R_σ}	Τάση V συσκευής	Τάση V τροφ.	Αντίσταση R_σ

στ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την άσκηση και σημειώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

13.1 Γενικά.

Στην áσκηση 15 του βιβλίου « Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο» της Α' τάξεως Λυκείου πραγματοποιήσατε ορισμένες μετρήσεις για την επαλήθευση του φαινομένου της μεταβολής της αντίστασεως υλικού με τη θερμοκρασία.

Με τις υποδείξεις μας στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιήσετε στο εργαστήριο δύο χαρακτηριστικές ασκήσεις, που έχουν σκοπό να αποδείξουν τη σπουδαιότητα της επιδράσεως της θερμοκρασίας στην ηλεκτρική αντίσταση κάθε υλικού. Σημειώνομε ότι το φαινόμενο, που αναφέραμε πιο πάνω, αποτελεί και τη βάση της ηλεκτρικής μεθόδου μετρήσεως των θερμοκρασιών.

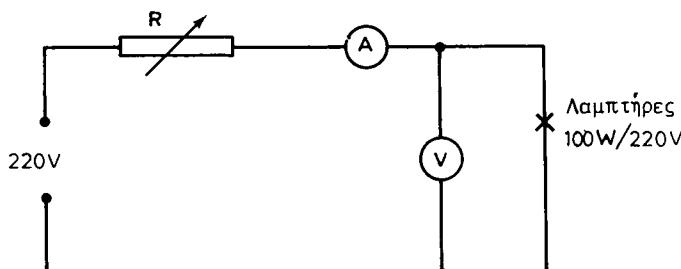
13.2 Ασκήσεις.

- α) Δίδονταί είνας λαμπτήρας πυρακτώσεως και μια θερμική αντίσταση ηλεκτρικού βραστήρα. Μετρήστε με το ωμόμετρο ή με γέφυρα τις αντίστασεις (θερμοκρασία περιβάλλοντος περίπου 20°C). Σημειώστε τις τιμές τους στο πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 13.2.1.

Αντίστασεις σε Ω στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος	
R_1 (λαπτήρες)	
R_2 (ηλ. βραστήρας)	

- β) Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 13.2a με τον ηλεκτρικό λαμπτήρα. Μεταβάλλετε



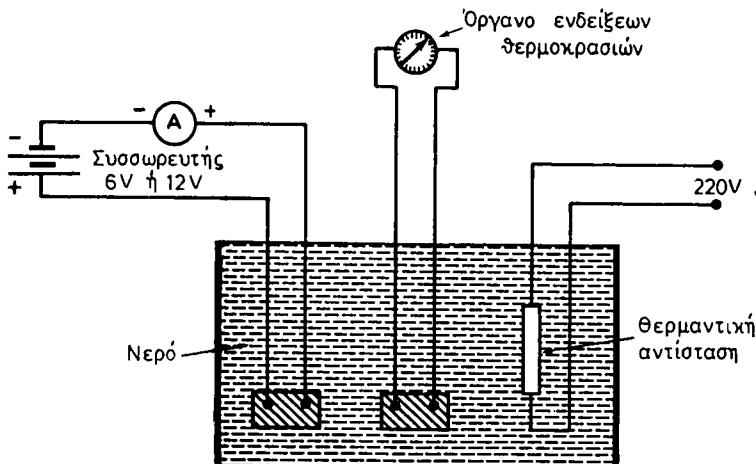
Σχ. 13.2a.

την αντίσταση R πριν ακόμα αρχίσει να πυρακτώνεται το νήμα του λαμπτήρα (Θερμοκρασία 500 – 700°C), μέχρι να αρχίσει να πυρακτώνεται (Θερμοκρασία 1000 – 1200°C), και μέχρι να πυρακτωθεί τελείως το νήμα (Θερμοκρασία πάνω από 2000°C). Σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.2 τις ενδείξεις του βολτόμετρου και αμπερόμετρου που είχατε κάθε φορά. Υπολογίστε για κάθε περίπτωση, με τις ενδείξεις των οργάνων και με το νόμο του Ωμ την αντίσταση του λαμπτήρα σε θερμή κατάσταση. Από τις τιμές αυτές παρατηρήστε τις μεταβολές της αντιστάσεως με τη θερμοκρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 13.2.2.

a/a	Θερμοκρασία λαμπτήρα	Ένταση σε A	Τάση σε V	Υπολογισθείσα τιμή αντιστάσεως λαμπτήρα
1	Θερμοκρασία περιβάλλοντος			
2	Θερμοκρασία 500 + 700°C			
3	Θερμοκρασία 1000 + 1200°C			
4	Θερμοκρασία 2000 ÷ 2500°C			

- γ) Περιγράψτε συνοπτικά στο τετράδιό σας την άσκηση. Τι συμπεραίνετε;
 2. α) Τοποθετήστε μέσα σ' έναν ηλεκτρικό βραστήρα ένα θερμαντικό στοιχείο, σαν αυτά που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού των κινητήρων αυτοκινήτου και πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 13.2β. Τροφοδοτήστε τη θερμαντική αντίσταση από το



Σχ. 13.2β.

κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ (τάση 220 V) μέχρι να αρχίσει ο βρασμός στο νερό του βραστήρα. Παρακολουθήστε συγχρόνως τις ενδείξεις του αμπερόμετρου και του οργάνου ενδείξεων θερμοκρασιών. Σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 13.2.3 τις ενδείξεις του αμπερόμετρου στις αντιστοιχες ενδείξεις 40°, 60°, 80° και 100°C του οργάνου θερμοκρασιών. Παρατηρήστε τις μεταβολές στις ενδείξεις του αμπερόμετρου και εξηγήστε πού οφείλονται οι μεταβολές αυτές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 13.2.3.

Ενδείξεις οργάνου θερμοκρασίας	Ενδείξεις αμπερόμετρου
40°	
60°	
80°	
100°	

β) Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τη συνδεσμολογία της ασκήσεως, σημειώστε τα χαρακτηριστικά στοιχεία των οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιήσατε για τις μετρήσεις σας. Αναφέρετε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ ΚΛΕΙΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΠΗΓΗΣ

14.1 Γενικά.

Όπως είναι γνωστό από την «ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ» της Β' Τεχνικού Λυκείου, παράγρ. 4.5. Στα μεγέθη της ΗΕΔ Ε και της εσωτερικής αντιστάσεως γ κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι **σταθερά**, ενώ η πολική της τάση **U** δεν είναι.

Η τιμή της τάσεως **U** εξαρτάται κάθε φορά από την ένταση του ρεύματος **I** που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα. Η διαφορά μεταξύ των τιμών της σταθεράς ΗΕΔ Ε και της μεταβλητής πολικής τάσεως **U** που προκύπτει ανάλογα με τη φόρτιση της πηγής, προσδιορίζει την πτώση τάσεως που αναπτύσσεται στην εσωτερική αντίσταση της πηγής. Δηλαδή $r = E - U$. Από τη σχέση αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε την εσωτερική αντίσταση $r = \frac{E - U}{I}$ όταν μας είναι γνωστές οι τιμές των **E**, **U** και **I**.

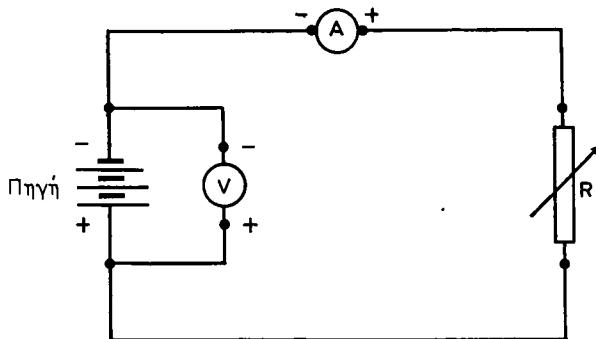
Στο «ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ» του Α' έτους ('Άσκηση 13) μάθαμε πώς μετράμε την ΗΕΔ μιας πηγής και στα προηγούμενα κεφάλαια του παρόντος βιβλίου μάθαμε πώς μετράμε τα μεγέθη **U** και **I**.

14.2 Ασκήσεις.

1. a) Μετρήστε την τάση **U** στους πόλους ενός συσσωρευτή που σας έχει δοθεί, χωρίς να τροφοδοτήστε κανένα εξωτερικό κύκλωμα, ένα απλό βολτόμετρο και με βολτόμετρο μεγάλης εσωτερικής αντιστάσεως. Σημειώστε τις ενδείξεις των μετρήσεων στον πίνακα αποτελεσμάτων 14.2.1.
β) Με όργανα συσκευές και υλικά, που θα σας δοθούν, υπολογίστε την ΗΕΔ του συσσωρευτή με τη μέθοδο της αντισταθμίσεως. («ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ» Α' έτους 'Άσκηση 13).
Σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 14.2.1 την τιμή που υπολογίσατε. Εξηγήστε πού οφείλονται οι διαφορές στις τιμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 14.2.1.

Τρόπος μετρήσεως κλπ.	Τιμή ΗΕΔ σε V
1. Με απλό βολτό- μετρο.	
2. Με βολτόμετρο μεγάλης εσωτε- ρικής αντιστάσεως.	
3. Με τη μέθοδο αντι- σταθμίσεως.	



Σχ. 14.2.

2. Να κατασκευάσετε το κύκλωμα του σχήματος 14.2.

Στη θέση της πηγής τοποθετήστε το συσσωρευτή που χρησιμοποιήσατε στην άσκηση 1. Στη θέση της αντιστάσεως R , τοποθετήστε διαδοχικά τέσσερις αντιστάσεις με διαφορετικές τιμές, έτσι, ώστε σε κάθε περίπτωση το αμπερόμετρο να δέχεται ένταση ρεύματος, σε σχέση με τον αριθμό αμπερωρίων (Ah) του συσσωρευτή, αντίστοιχα της τάξεως $1/32, 1/16, 1/8$ και $1/2$. Σε κάθε μέτρηση σημειώστε στον πίνακα αποτελεσμάτων 14.2.2 τις ενδείξεις του βολτόμετρου και αμπερόμετρου. Εξηγήστε πού οφείλονται οι διαφορές των τιμών της πολικής τάσεως στις διάφορες μετρήσεις που πραγματοποιήσατε.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 14.2.2.**ΗΕΔ $E = \dots$ V. Ah συσσωρευτή. . .**

Αντίσταση	Ένταση	Πολική τάση
R_1	I_1	U_1
R_2	I_2	U_2
R_3	I_3	U_3
R_4	I_4	U_4

3. Από την τιμή της ΗΕΔ του συσσωρευτή που προσδιορίσατε με τη μέθοδο της αντισταθμίσεως στην άσκηση 1, και από τις τιμές της πολικής τάσεως που μετρήσατε στην άσκηση 2 υπολογίστε

από τη σχέση $r = \frac{E - U}{I}$ σε κάθε περίπτωση των μετρήσεων την εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή.

Η τιμή της εσωτερικής αντιστάσεως σε όλες τις περιπτώσεις των υπολογισμών σας πρέπει να παραμένει σταθερή. Αν δεν συμβαίνει αυτό και έχετε σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των υπολογισμών, εξηγήστε πού οφείλονται οι διαφορές αυτές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΒΡΟΧΟ ΜΑΡΡΕΫ (MURRAY)

15.1 Γενικά.

Σε κάθε υπόγειο ηλεκτρικό καλώδιο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ή διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να παρουσιασθεί κάποιο «σφάλμα» όπως:

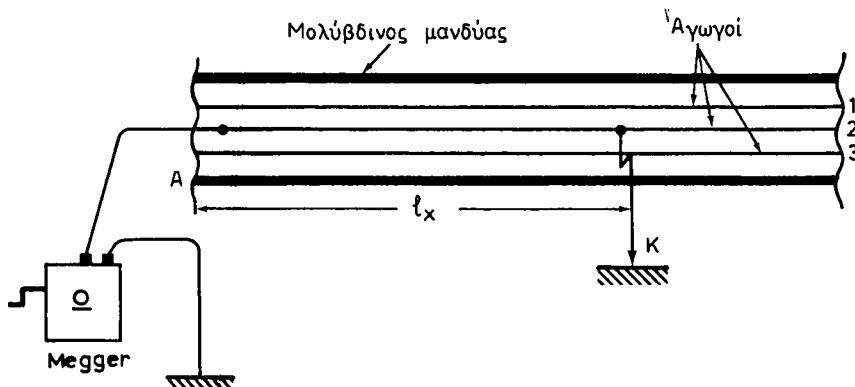
α) Καταστροφή της μονώσεως του σε κάποιο σημείο με αποτέλεσμα τη δημιουργία βραχυκυκλώματος μεταξύ αγωγού του καλωδίου και της γης αμέσως, ή μεταξύ αγωγού και του μολυβδίνου μανδύα που περιβάλλει το καλώδιο (σφάλμα γης).

β) Διακοπή της συνέχειας του αγωγού του καλωδίου.

γ) Βραχυκύκλωμα όλων των αγωγών πολυπολικού καλωδίου.

Ο προσδιορισμός της θέσεως σφάλματος καλωδίων αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τους ηλεκτρολόγους. Στην πράξη για την εύρεση των διαφόρων σφαλμάτων καλωδίων εφαρμόζονται πολλές μέθοδοι. Μια απ' αυτές εινάι και η μέθοδος Μάρρεϋ που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος ή της διαρροής αγωγού ενός καλωδίου προς τη γη.

Θα θεωρήσομε ότι ένα τριπολικό καλώδιο παρουσιάζει διαρροή προς τη γη στη θέση K, ενός από τους τρεις αγωγούς του (σχ. 15.1α) π.χ. του αγωγού 2.



Σχ. 15.1α.

Προτού προσδιορίσουμε τη θέση K του σφάλματος του καλωδίου θα πρέπει με ένα ωμόμετρο (Ω) να προσδιορίσουμε ποιος από τους αγωγούς (1,2,3) του καλω-

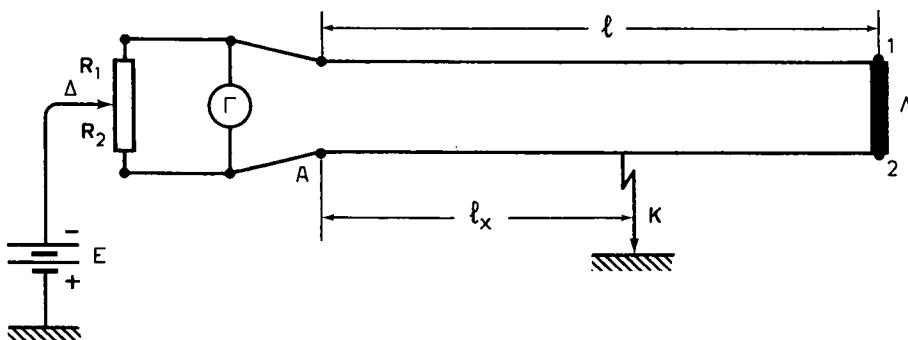
δίου παρουσιάζει τη διαρροή ή το βραχυκύκλωμα προς τη γη και να διαπιστώσομε μετά:

- I) Ότι η αντίσταση του «σφάλματος» παραμένει σταθερή.
- II) Ότι το ηλεκτρικό ρεύμα (η έντασή του) που περνά από το «σφάλμα» είναι αρκετό για την ευαισθησία της γέφυρας κατά την εφαρμογή της μεθόδου Μάρρεϋ.
- III) Ότι στον αγωγό, που παρουσιάζει τη διαρροή υπάρχει ένα μόνο σφάλμα.
- IV) Ότι δεν υπάρχει διακοπή στον αγωγό που παρουσιάζει το «σφάλμα».

Τα παραπάνω πραγματοποιούνται, αφού προηγουμένως απομονωθεί το ηλεκτρικό καλώδιο από την κατανάλωση και την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και εκφορτισθούν οι αγωγοί του προς τη γη. Η εκφόρτιση των αγωγών του καλωδίου προς τη γη επαναλαμβάνεται και μετά την ωμομέτρηση.

Στη συνέχεια το πρόβλημά μας συνίσταται στον προσδιορισμό της αποστάσεως l_x της θέσεως Κ του σφάλματος από την αρχή του καλωδίου Α. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το κύκλωμα του βρόχου Μάρρεϋ, που έχει σαν βάση τη γέφυρα Γουίστον (σχ. 15.1β).

Το τέλος του αγωγού 2 που παρουσιάζει το «σφάλμα» το ενώνομε με το άκρο ενός από τους άλλους «υγιείς» αγωγούς, έστω τον 1. Στη συνέχεια συνδέομε το γαλβανόμετρο (Γ) και την πηγή (E) σχηματίζοντας τη γέφυρα Γουίστον του σχήματος 15.1β. Μετακινούμε το δρομέα (Δ) μέχρις ότου η γέφυρα ισορροπήσει.



Σχ. 15.1β.

Υπό την προϋπόθεση ότι οι αγωγοί του καλωδίου έχουν την ίδια διατομή, θα έχομε, κατά τα γνωστά από το κεφάλαιο 11:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2l - l_x}{l_x}$$

$$\text{Δηλαδή: } l_x = \frac{2l}{1 + \frac{R_1}{R_2}}$$

Από τη σχέση αυτή υπολογίζομε τη θέση (K) του «σφάλματος» του καλωδίου.

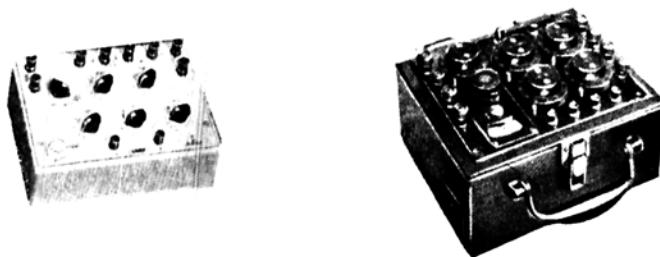
ΠΡΟΣΟΧΗ.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου Μάρρεϋ ποτέ δεν συνδέομε το γαλβανόμετρο (Γ) προς τη γη, γιατί τα παράσιτα συνεχή ηλεκτρικά ρεύματα που κυκλοφορούν στη γη εμποδίζουν την ισορροπία της γέφυρας.

Πάντοτε προς τη γη συνδέομε το θετικό πόλο της γέφυρας και έτσι αυξάνομε την ευαισθησία της γέφυρας, γιατί η ηλεκτρόλυση που πραγματοποιείται μεταξύ του ηλεκτροδίου γης του συνδεδέμενου με την πηγή και της θέσεως «σφάλματος» του καλωδίου (το έδαφος είναι υγρό), προκαλεί την απόθεση «μετάλλου» στη θέση «σφάλματος» και ελαττώνεται η αντίσταση της διαρροής προς τη γη.

Αν συνδέσουμε τον αρνητικό πόλο της πηγής με τη γη θα προκαλέσουμε αύξηση της αντιστάσεως διαρροής από το σχηματισμό οξειδίων στη θέση του «σφάλματος».

Τα εργαστήρια και οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις χρησιμοποιούν για την εύρεση «σφάλματος» καλωδίων ειδικές γέφυρες (σχ. 15.1γ).



Σχ. 15.1γ.
Γέφυρα Murray.

15.2 Ασκήσεις.

- Σε αγωγό ενός πολυπολικού καλωδίου έχομε δημιουργήσει τεχνητό «σφάλμα» (γείωση).
 - Με ένα ωμόμετρο πραγματοποιείστε τους ελέγχους (ωμομέτρηση) που αναφέραμε στην παράγραφο 15.1.
 - Πριν από κάθε ωμομέτρηση και μετά από αυτή πρέπει να εκφορτίζετε τον αντίστοιχο αγωγό προς τη γη.
 - Αφού εντοπίσετε τον αγωγό με το σφάλμα, συνδέστε τον στο τέλος του καλωδίου με έναν από τους άλλους υγιείς αγωγούς του καλωδίου.
 - Ζητήστε από τον αρμόδιο καθηγητή του εργαστηρίου τα κατάλληλα όργανα και τις κατάλληλες συσκευές και πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 15.1β.

ΠΡΟΣΟΧΗ.

Συνδέστε το θετικό πόλο της πηγής με τη γη.

- Με κατάλληλη ρύθμιση των αντιστάσεων R_1 και R_2 να ισορροπήσετε τη γέφυρα, δηλαδή να διαπιστώσετε ότι από το γαλβανόμετρο Γ (μπορεί να χρησιμοποιηθεί και οποιοδήποτε άλλο όργανο μηδενισμού που διαθέτει το εργαστήριο) δεν περνά ηλεκτρικό ρεύμα.
- Με τις τιμές των R_1 και R_2 που επιτύχατε την ισορροπία της γέφυρας και από το συνολικό μήκος του καλωδίου l , που θα σας δοθεί να υπολογίσετε από τη σχέση:

$$I_x = \frac{2l}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \quad \text{την απόσταση (από την αρχή)}$$

- της θέσεως, που βρίσκεται το «σφάλμα» του αγωγού του καλωδίου.
- στ) Σημειώστε στο τετράδιό σας τα στοιχεία των οργάνων και συσκευών που χρησιμοποιήσατε στην άσκηση. Σχεδιάστε τη συνδεσμολογία της ασκήσεως, περιγράψτε συνοπτικά την πορεία της εργασίας σας και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
- 2. Με τα ίδια όργανα και τις ίδιες συσκευές που πραγματοποιήσατε την προηγούμενη άσκηση και για το ίδιο καλώδιο να συνδεσμολογήσετε τη γέφυρα μετρήσεως έτσι, ώστε ο ένας ακροδέκτης του γαλβανόμετρου ή ο αρνητικός πόλος της πηγής να συνδεθεί με τη γη.**
- Στις παραπάνω δύο περιπτώσεις διαπιστώστε αν η γέφυρα ισορροπήσει.
- Σχεδιάστε στο τετράδιό σας τις αντίστοιχες συνδεσμολογίες και διατυπώστε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΓΕΙΩΣΕΩΣ

16.1 Γενικά.

Για την εύρυθμη λειτουργία, αλλά και για την προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των προσώπων που χειρίζονται αυτές, χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα οι γειώσεις.

Ένας βασικός τρόπος γειώσεως ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι η διάταξη ηλεκτροδίων βυθισμένων στο έδαφος.

Μια γείωση για να εκπληρώνει τον προορισμό της, πρέπει η αντίσταση των ηλεκτροδίων της με τη γη να μην ξεπερνά μια ορισμένη τιμή. Η αντίσταση γειώσεως εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας της, από τη μορφή και τις διαστάσεις των ηλεκτροδίων, από το βάθος μέσα στο οποίο είναι εγκαταστημένα και από την ειδική αντίσταση που παρουσιάζει το έδαφος που τα περιβάλλει. Η ειδική αντίσταση του έδαφους δεν παραμένει σταθερή γιατί επηρεάζεται από την υγρασία, τη θερμοκρασία και από την περιεκτικότητα που έχει το έδαφος σε άλατα.

Στους σχετικούς με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις Κανονισμούς αναφέρονται λεπτομέρειες για τις γειώσεις, όπως μέθοδοι, και τρόποι πραγματοποίησεως γειώσεων, τιμές αντιστάσεως γειώσεως για κάθε περίπτωση εγκαταστάσεως κλπ.

Ο έλεγχος όμως της καταστάσεως στην οποία βρίσκεται η γείωση μιας εγκατάστασεως γίνεται με τη μέτρηση της αντιστάσεώς της.

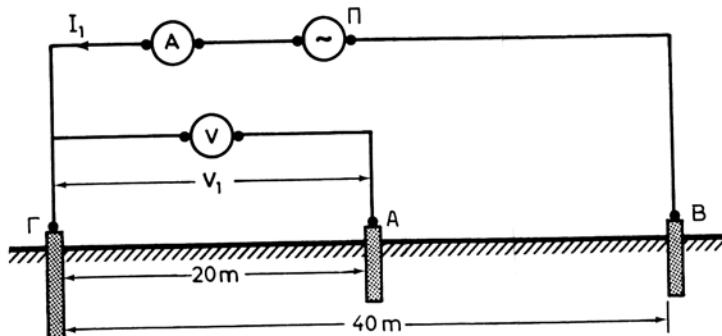
16.2 Μέθοδοι μετρήσεως – Όργανα.

Χρησιμοποιούνται πολλοί μέθοδοι μετρήσεως αντιστάσεως γειώσεως. Παράκατω αναφέρομε μερικές από αυτές.

16.2.1 Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.

Για να γίνει η μέτρηση της αντιστάσεως που παρουσιάζει ηλεκτρόδιο (Γ) έναντι της γης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο εργαζόμαστε ως εξής: Βυθίζομε στο έδαφος δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια Α και Β σε αποστάσεις περίπου από το Γ αντίστοιχα 20 m και 40 m και πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχ. 16.2a. Οι διαστάσεις των ηλεκτροδίων Α και Β είναι πολύ μικρότερες από τις διαστάσεις του ηλεκτροδίου της γειώσεως Γ.

Η πηγή (Π) που χρησιμοποιούμε στο κύκλωμα αυτό πρέπει να είναι εναλλα-



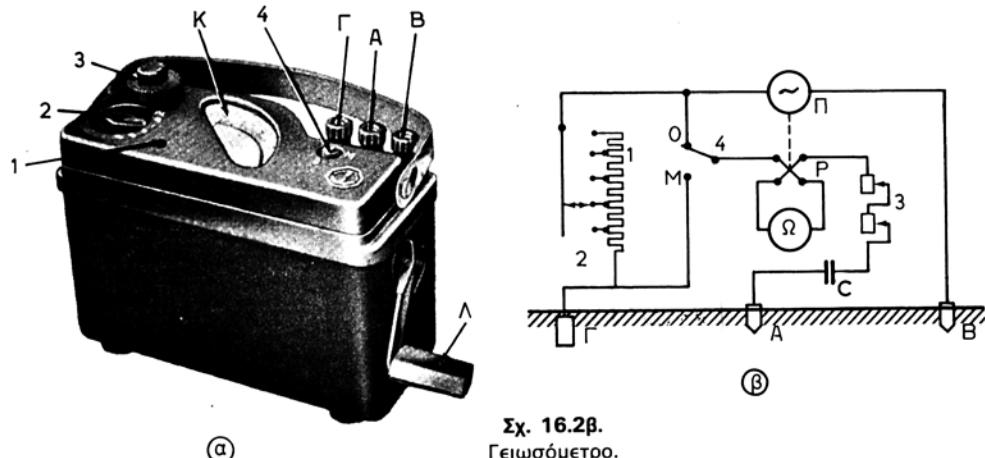
Σχ. 16.2α.

σόμενης τάσεως και διαφορετικής συχνότητας από τη συχνότητα που χρησιμοποιείται από το Εθνικό Δίκτυο (50 Hz) της χώρας μας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την εκλογή αυτή της πηγής είναι ότι μέσα στο έδαφος κυκλοφορούν εναλλασσόμενα ρεύματα από διαφυγές των δικτύων μεταφοράς και διανομής ενέργειας (Οι συχνότητες που προτιμώνται στην περίπτωση αυτή είναι $16\frac{2}{3}$ ή 25 Hz) και συνεχή ρεύματα από διαφυγές δικτύων συνεχούς ρεύματος, όπως των τροχιοδρόμων, ηλεκτρικών σιδηροδρόμων κλπ. Τα ηλεκτρικά αυτά ρεύματα δημιουργούν γενικά πρόσθετες πτώσεις τάσεως μέσα στο έδαφος και έτσι η ένδειξη (V_1) του βολτόμετρου δεν αντιστοιχεί στην πτώση τάσεως που προκαλεί το ρεύμα I_1 .

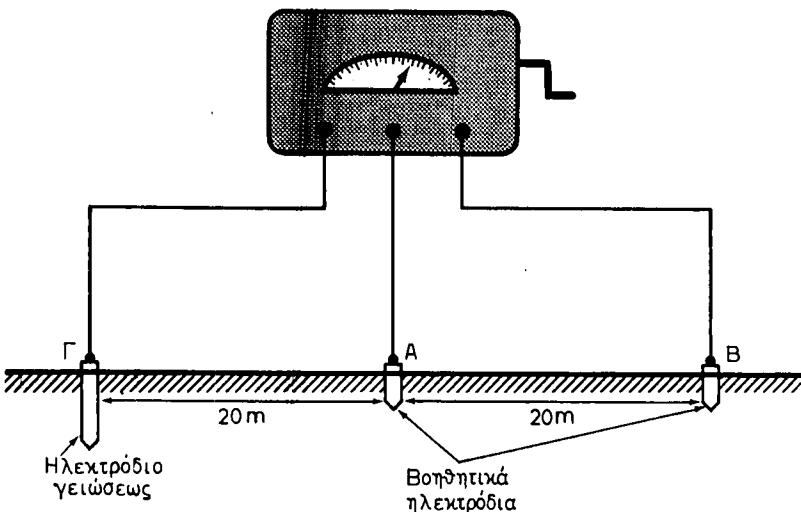
Εκτός από τους παραπάνω λόγους προτιμήσεως των πηγών εναλλασσόμενης τάσεως στις μετρήσεις αυτές είναι και η εμφάνιση ηλεκτροχημικών τάσεων, που αναπτύσσονται μεταξύ του εδάφους και των ηλεκτροδίων από την παρουσία οξυνού ή αλατούχου νερού.

16.2.2 Με γειωσόμετρο.

Η διαδικασία μετρήσεως της αντιστάσεως γειώσεως του ηλεκτροδίου (Γ) με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται πάρα πολύ. Την πηγή (Π), το βολτόμετρο (V) και το αμπερόμετρο (A) της συνδεσμολογίας του σχήματος 16.2α αντικαθιστά το γειωσόμετρο [σχ. 16.2β(α),(β)].



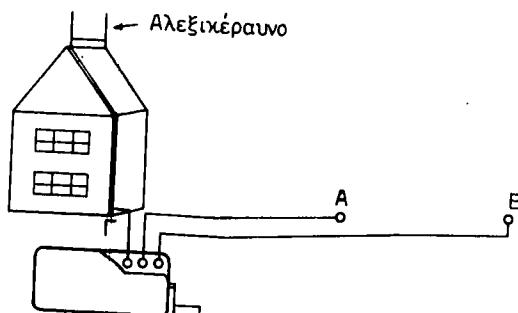
Σχ. 16.2β.
Γειωσόμετρο.



Σχ. 16.2γ.

Η μέτρηση της γειώσεως γίνεται πάλι με τη βοήθεια δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων Α και Β. Η συνδεσμολογία των ηλεκτροδίων με το όργανο γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 16.2γ.

Η κλίμακα του οργάνου είναι βαθμολογημένη σε Ωμ. Μπορούμε να έχομε περισσότερες περιοχές μετρήσεως π.χ. $0 \div 10$, $0 \div 100$, $0 \div 1000 \Omega$. Όταν μεταβάλλομε τις τιμές της αντιστάσεως (3), ο χειροστρόφαλος του οργάνου (Λ) πρέπει να περιστρέφεται με ταχύτητα 2 στρ/sec. Με αυτή την ταχύτητα το ρεύμα που περνά από τη γείωση (ηλεκτρόδιο) είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα περίπου 35 Hz. Επομένως διαφέρει από τα ρεύματα διαφυγής των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως παράδειγμα σας παραπέμπομε στο σχήμα 16.2δ όπου φαίνεται η συνδεσμολογία για τη μέτρηση της αντιστάσεως γειώσεως αλεξικεραύνων.



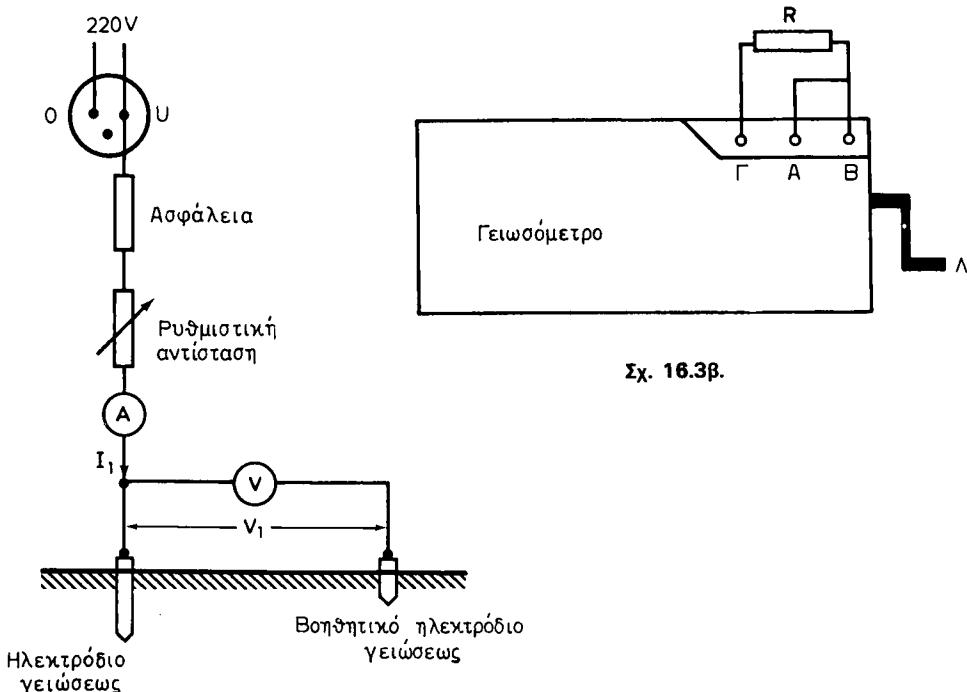
Σχ. 16.2δ.

16.3 Ασκήσεις.

1. a) Να εγκαταστήσετε δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια Α και Β σε απόσταση το ένα από το άλλο 20 m και από το ηλεκτρόδιο γειώσεως Γ του οποίου θα μετρήσετε την αυτίσταση γειώσεως.

- β) Συνδεσμολογήστε αυτά μεταξύ τους, όπως στο σχήμα 16.2α.
 γ) Σημειώστε τις ενδείξεις του αμπερόμετρου I_1 , και του βολτόμετρου V_1 .
 δ) Υπολογίστε από το πηλίκο των ενδείξεων την αντίσταση γειώσεως $R_\Gamma = V_1/I_1$.

2. Να πραγματοποιήσετε τη συνδεσμολογία του σχήματος 16.3α. Πριν ακόμη συνδέσετε το κύκλωμα με την πηγή, φροντίστε, ώστε η ρυθμιστική αντίσταση να έχει τη μέγιστη της τιμή. (Η ισχύς της ρυθμ. αντιστάσεως πρέπει να είναι σε κάθε περίπτωση ανάλογη με την ισχύ της εγκαταστάσεως που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η γείωση). Συνδέστε το κύκλωμα με ρευματοδότη 220 V του δικτύου της ΔΕΗ και κατόπιν ρυθμίστε την αντίσταση μέχρι η ένδειξη του αμπερόμετρου να γίνει ίση με την ονομαστική ένταση της εγκαταστημένης ισχύος της ηλ. εγκαταστάσεως της οποίας μετράμε τη γείωση. Η ένδειξη του βολτόμετρου στη μέτρηση αυτή δεν πρέπει να ξεπερνά τα 50 V. Από το πηλίκο των ενδείξεων των οργάνων να υπολογίσετε την αντίσταση γειώσεως.



Σχ. 16.3α.

3. Μετρήστε τις αντιστάσεις γειώσεως του ηλεκτροδίου Γ των ασκήσεων 1 και 2 με τη βοήθεια του γειωσόμετρου (σχήμα 16.2β και 16.2γ). Συγκρίνατε τις τιμές που θα βρήτε με αυτές που υπολογίσατε στις προηγούμενες ασκήσεις. Εξηγήστε πού οφείλονται οι διαφορές που παρουσιάζουν μεταξύ τους τα αποτελέσματα των διαφόρων μετρήσεων.
 4. Με το γειωσόμετρο μπορούμε να μετρήσουμε και την ωμική αντίσταση (R) διαφόρων καταναλωτών πραγματοποιώντας τη συνδεσμολογία του σχήματος 16.3β. Μετρήστε την αντίσταση των ίδιων καταναλωτών, που χρησιμοποιήσατε στις μετρήσεις των κεφαλαίων 9.10 και 11 και συγκρίνετε τα αποτελέσματα με εκείνη των αντιστοίχων ασκήσεων των κεφαλαίων, που αναφέραμε προηγουμένως.

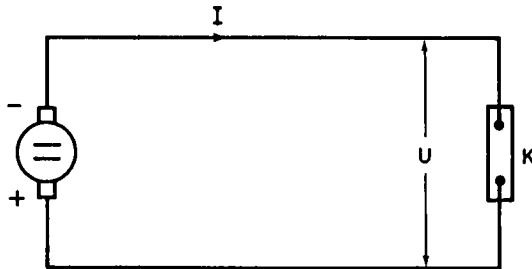
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Σ.Ρ.)

17.1. Γενικά.

17.1.1 Μέτρηση ισχύος με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.

Η ισχύς που παρέχεται από μια πηγή Σ.Ρ. σε μία κατανάλωση K (σχ. 17.1α) είναι $P = V \cdot I$ «ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ» Β' Λυκείου, παράγρ. 6.2 και 6.3. Την ισχύ μπορούμε να την υπολογίσουμε χρησιμοποιώντας ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο.



Σχ. 17.1α.

Η συνδεσμολογία των δργάνων με την κατανάλωση είναι δυνατό να γίνει με δύο τρόπους:

A' Τρόπος:

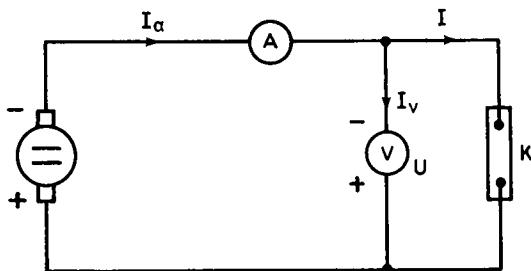
Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος 17.1β.

Στη συνδεσμολογία αυτή το αμπερόμετρο μας δείχνει μεγαλύτερο ρεύμα I_a από το I , επειδή περνά απ' αυτό και το ρεύμα του βολτόμετρου $I_v = \frac{U}{R_v}$ (είναι η εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου). Δηλαδή:

$$I_a = I - I_v \quad \text{καί} \quad I = I_a - I_v \quad \text{ή} \quad I = I_a - \frac{U}{R_v}$$

$$\text{Η ισχύς του καταναλωτή } K \text{ είναι } P = U_1 (I_a - \frac{U}{R_v})$$

'Όταν η αντίσταση R_v είναι αρκετά μεγάλη, έτσι που το ρεύμα $\frac{U}{R_v}$ να είναι

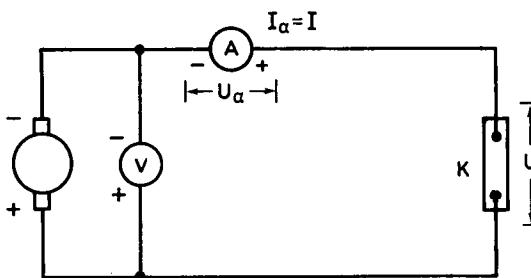


Σχ. 17.1β.

συγκριτικά με το I πολύ μικρό, τότε η ισχύς υπολογίζεται με πολύ μεγάλη προσέγγιση από τη σχέση: $P = U \cdot I_a$.

B' Τρόπος:

Όταν η συνδεσμολογία των οργάνων γίνει όπως στο σχήμα 17.1γ το βολτόμετρο μας δείχνει μεγαλύτερη τάση U_v από αυτή που αναπτύσσεται στα άκρα της καταναλώσεως, επειδή στην τάση της καταναλώσεως U προστίθεται και η τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του αμπερόμετρου $U_a = R_a \cdot I$ (R_a είναι η εσωτερική αντίσταση του αμπερόμετρου). Δηλαδή: $U_v = U + U_a$ και $U = U_v - U_a$ ή $U = U_v - R_a \cdot I$.



Σχ. 17.1γ.

Η ισχύς της καταναλώσεως K είναι $P = (U_v - R_a I) I$.

Όταν η αντίσταση R_a είναι αρκετά μικρή έτσι που η τάση $R_a I$ να είναι συγκριτικά με τη U πολύ μικρή τότε η ισχύς υπολογίζεται με πολύ μεγάλη προσέγγιση από τη σχέση: $P = U_v \cdot I_a$.

17.1.2 Μέτρηση ισχύος Σ.Ρ. με βαττόμετρο.

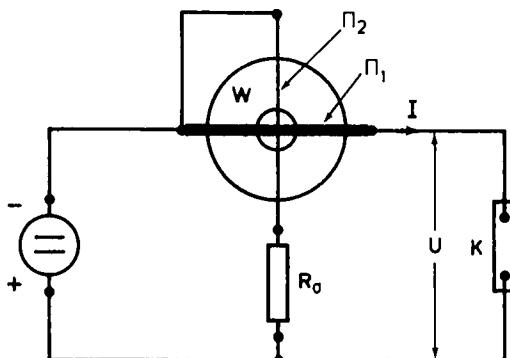
Η ισχύς μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας με τα ηλεκτροδυναμικά βαττόμετρα. Αυτά τα όργανα βασικά αποτελούνται από ένα σταθερό πηνίο (Π_1) μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένο ένα στρεπτό πηνίο (Π_2) το οποίο στηρίζεται σε άξονα (σχ. 17.1δ). Ο άξονας φέρει επανατατικά ελατήρια και δείκτη. Η συνδεσμολογία του οργάνου πρέπει να γίνει έτσι, ώστε από το σταθερό πηνίο (Π_1) να περνά το ηλεκτρικό ρεύμα του κυκλώματος, γι' αυτό και ονομάζεται **πηνίο εντάσεως** του βαττόμετρου. Το κινητό πηνίο (Π_2) συνδέεται παράλληλα με την τάση του κυκλώματος

και ονομάζεται **πηνίο τάσεως** του βαττόμετρου. Για προστατευτικούς λόγους το πηνίο τάσεως (Π_2) συνδέεται σε σειρά με μία αντίσταση R_σ .

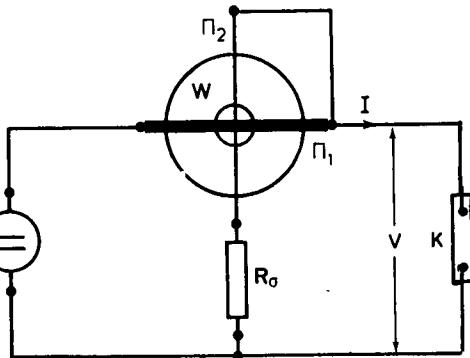
Το πηνίο τάσεως Π_2 του βαττόμετρου είναι δυνατό να συνδεθεί κατά δύο τρόπους:

A' Τρόπος:

Όπως το σχήμα 17.1δ. Τότε το βαττόμετρο δείχνει ισχύ $P = U \cdot I + R_\sigma I^2$. Δηλαδή η ισχύς της καταναλώσεως UI είναι αυξημένη κατά τις απώλειες Joule στην αντίσταση R_σ του πηνίου εντάσεως.



Σχ. 17.1δ.



Σχ. 17.1ε.

B' Τρόπος:

Όπως το σχήμα 17.1ε.

Τότε το βαττόμετρο δείχνει ισχύ.

$$P = U \cdot I + \frac{U^2}{R_V}$$

Η $R_V = R_\sigma + R_T$ (R_T είναι η αντίσταση του πηνίου τάσεως). Δηλαδή η ισχύς της καταναλώσεως $V \cdot I$ είναι αυξημένη κατά τις απώλειες Joule στην αντίσταση του συστήματος τάσεως ($R_\sigma + R_T$).

Οι κατασκευαστές βαττομέτρων δίνουν συχνά τις τιμές των αντιστάσεων του πηνίου τάσεως και εντάσεως.

Αν μαζί με το βαττόμετρο χρησιμοποιήσομε και ένα άλλο όργανο μετρήσεως της τάσεως ή εντάσεως (βολτόμετρο ή αμπερόμετρο) αντίστοιχα μπορούμε να προσδιορίσουμε τις απώλειες Joule που πρέπει να αφαιρέσουμε από την ένδειξη του βαττόμετρου.

17.2 Ασκήσεις.

- α) Αναγνωρίστε την κατανάλωση και τα χαρακτηριστικά των οργάνων που θα σας δοθούν στο εργαστήριο για να πραγματοποιήσετε μετρήσεις ισχύος.

Σημειώστε την ονομαστική ισχύ, την τάση της καταναλώσεως και την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου και αμπερόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 17.2.1.

- β) Συνδεσμολογήστε τα όργανα με την κατανάλωση όπως στα σχήματα 17.1β, 17.1γ 17.1δ και 17.1ε. Σε κάθε περίπτωση τροφοδοτήστε το κύκλωμα και σημειώστε τις ενδείξεις των οργάνων στον πίνακα αποτελεσμάτων 17.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 17.2.1.

Ονομ. ισχύς καταναλώσεως ... W R_V ... Ω. Ονομ. τάση καταναλώσεως ... V R_A ... Ω.				
	Συνδεσμολογίες	Ενδείξεις βολτόμετρου (V)	Ενδείξεις αμπερόμετρου (A)	Ενδείξεις βαπτόμετρου (W)
1	Σχήματος 17.1β			
2	Σχήματος 17.1γ			
3	Σχήματος 17.1δ			
4	Σχήματος 17.1ε			

- γ) Σε κάθε περίπτωση από τα σημειωμένα στοιχεία στον πίνακα αποτελεσμάτων υπολογίστε από τις γνωστές σχέσεις την ισχύ και εκτιμήστε τη διαφορά που προκύπτει μεταξύ τους.
 δ) Από τη διαφορά της ισχύος που προκύπτει σε κάθε συνδεσμολογία υπολογίστε το εκατοστιαίο σφάλμα που θα έχετε αν υπολογίστε την ισχύ μόνο από τη σχέση $P = UI$.
 ε) Περιγράψτε συνοπτικά την πορεία, της ασκήσεως στο τετράδιό σας και αναφέρετε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας.
2. α) Συνδεσμολογήστε την κατανάλωση της ασκήσεως 1 με το βαπτόμετρο όπως στα σχήματα 17.1δ και 17.1ε. Σημειώστε τις ενδείξεις του βαπτόμετρου στον πίνακα αποτελεσμάτων 17.2.2.
 β) Κάντε σύγκριση μεταξύ των ενδείξεων του βαπτόμετρου από τις δύο συνδεσμολογίες που πραγματοποιήσατε και αναφέρετε ποια είναι η κατάλληλη συνδεσμολογία που πρέπει να γίνει και γιατί.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 17.2.2.

Ονομ. ισχύς καταναλωτή... W	
Συνδεσμολογίες	Ενδείξεις βαπτόμετρου (W)
Σχήματος 17.1δ	
Σχήματος 17.1ε	

γ) Τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας διατυπώστε τα στο τετράδιό σας.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ηλεκτρολογικό εργαστήριο – Χρήσιμες πληροφορίες για τις ασκήσεις

0.1 Γενικά	1
0.2 Ένα σχέδιο οργανώσεως του μαθητικού προσωπικού στο Εργαστήριο	1
0.3 Συμπεριφορά των μαθητών στο Εργαστήριο	2
0.4 Προετοιμασία - Εκτέλεση ασκήσεως	3

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Όργανα και συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων

1.1 Γενικά	5
1.2 Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων	5
1.3 Συσκευές	8
1.4 Συμβολισμοί	14
1.4.1 Παραδείγματα	17
1.4.2 Ασκήσεις	18
1.5 Ακρίβεια οργάνων και μετρήσεων	18
1.5.1	
1.5.2 Η ακρίβεια των ηλεκτρικών οργάνων	19
1.6 Σφάλματα οργάνων και μετρήσεων	20
1.6.1 Ασκήσεις	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Μέτρηση ηλεκτρικής τάσεως

2.1 Γενικά	22
2.2 Όργανα για τη μέτρηση της τάσεως – Οδηγίες χρήσεως	22
2.3 Ασκήσεις	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Μέτρηση εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος

3.1 Γενικά	26
3.2 Οργανα για τη μέτρηση της εντάσεως - Οδηγίες χρήσεως	26

3.3 Ασκήσεις	28
--------------------	----

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Μέτρηση ηλεκτρικής αντιστάσεως (άμεση)

4.1 Γενικά	30
4.2 Αμεση μέτρηση ηλεκτρικών αντιστάσεων	31
4.3 Ασκήσεις	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Ηλεκτρικό κύκλωμα – Νόμος του ωμ (ΟΗΜ)

5.1 Γενικά	33
5.2 Ασκήσεις	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Σύνδεση αντιστάσεως σε σειρά

6.1 Γενικά	36
6.2 Ασκήσεις	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων

7.1 Γενικά	39
7.2 Ασκήσεις	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Μικτή σύνδεση αντιστάσεων

8.1 Γενικά	42
8.2 Ασκήσεις	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Μέτρηση αντιστάσεως με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

9.1 Γενικά	45
9.2 Ασκήσεις	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Μέτρηση αντιστάσεων με ένα βολτόμετρο ή αμπερόμετρο

10.1 Γενικά	47
10.2 Ασκήσεις	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Μέτρηση αντιστάσεως με τη γέφυρα Γουϊστον (Wheatstone)

11.1 Γενικά	50
11.2 Ασκήσεις	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Κατασκευή προστατευτικής αντιστάσεως ηλεκτρικών συσκευών

12.1 Γενικά	54
12.2 Ασκήσεις	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Μεταβολή αντιστάσεως υλικού με τη θερμοκρασία

13.1 Γενικά	57
13.2 Ασκήσεις	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Νόμος του ΟΗΜ κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα — Προσδιορισμοί εσωτερικής αντιστάσεως πηγής

14.1 Γενικά	60
14.2 Ασκήσεις	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

Προσδιορισμός σφάλματος καλωδίου με το βρόχο Μάρρεϋ (Murray)

15.1 Γενικά	62
15.2 Ασκήσεις	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

Μέτρηση αντιστάσεως γειώσεως

16.1 Γενικά	66
16.2 Μέθοδοι μετρήσεως - Όργανα	66
16.2.1 Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο	66
16.2.2 Με γειωδόμετρο	67
16.3 Ασκήσεις	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

Μέτρηση ισχύος του συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.)

17.1 Γενικά	70
17.1.1 Μέτρηση ισχύος με βολτόμετρο και αμπερόμετρο	70
17.1.2 Μέτρηση ισχύος Σ.Ρ. με βαττόμετρο	71
17.2 Ασκήσεις	72



COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

