

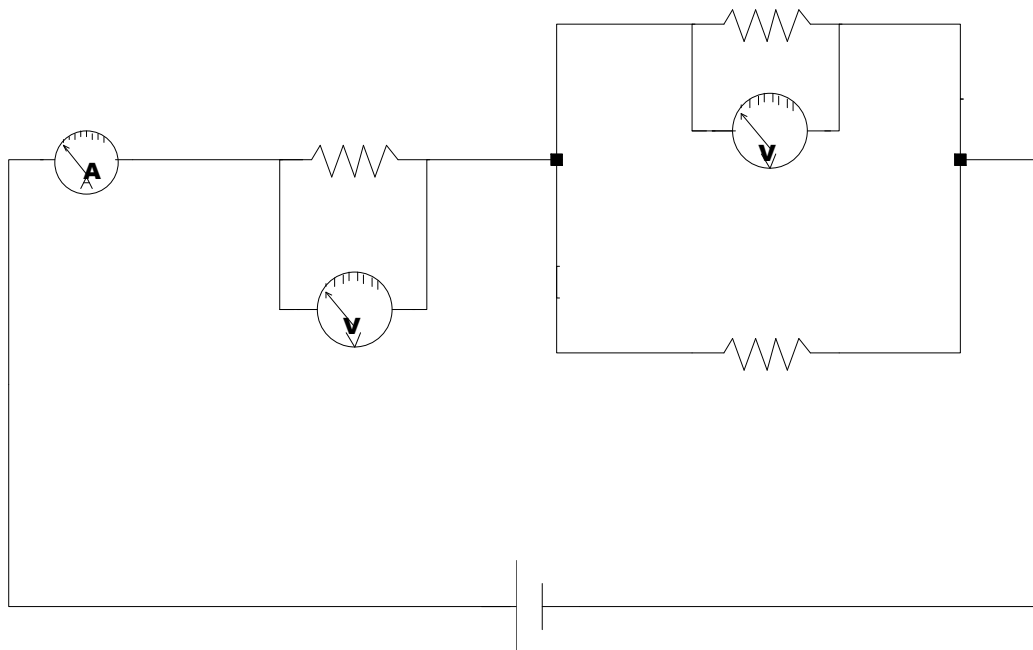
Τ.Ε.Ι. Δυτ. Μακεδονίας

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ Ι (Ε)



Μετά από τη μελέτη των σημειώσεων και των ασκήσεων αυτών οι οποίες συντάχθηκαν στο εργαστήριο Ηλεκτροτεχνίας του Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας πιστεύουμε ότι οι σπουδαστές θα κατανοήσουν την έννοια του ηλεκτρισμού . Ο ηλεκτρισμός παρόλο που είναι αόρατος και ορατά είναι μόνο τα αποτελέσματα του είναι ένα φυσικό φαινόμενο και ακολουθεί τους νόμους της φύσης . Ο ηλεκτρισμός αποτελεί την κινητήρια δύναμη του βιομηχανοποιημένου κόσμου. Χρησιμοποιείται στο φωτισμό των σπιτιών, στη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων, στους κινητήρες και αμέτρητες άλλες εφαρμογές. Οι ηλεκτρικές πηγές διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους : τις συνεχούς ρεύματος (DC) και τις εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Το συνεχές ρεύμα είναι μονής κατεύθυνσης, πράγμα που σημαίνει ότι ρέει με μία σταθερή φορά. Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι διπλής κατεύθυνσης, πράγμα που σημαίνει ότι σε τακτικά χρονικά διαστήματα αναστρέφει τη φορά της ροής του.

Ιστορία του Ηλεκτρισμού



Αν και πρακτικά ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται τα τελευταία εκατό χρόνια, είναι όμως γνωστός ως δύναμη από πολύ παλαιότερα. Οι Έλληνες ανακάλυψαν πρώτοι τον ηλεκτρισμό, πριν από περίπου 2500 χρόνια. Συγκεκριμένα, παρατήρησαν ότι με την τριβή κεχριμπαριού πάνω σε άλλα υλικά, αναπτυσσόταν φορτίο κάποιας άγνωστης δύναμης, η οποία μπορούσε να έλκει αντικείμενα όπως ξερά φύλλα, φτερά, μικρά κομμάτια υφάσματος και άλλα ελαφρά υλικά. Οι Έλληνες αποκαλούσαν το κεχριμπάρι ήλεκτρο, από το οποίο προήλθε η λέξη ηλεκτρικός, που υποδηλώνει τις ιδιότητες του κεχριμπαριού. Η μυστηριώδης αυτή δύναμη παρέμεινε ένα περίεργο φαινόμενο μέχρι και 2000 χρόνια αργότερα, όταν κάποιοι άλλοι ερευνητές άρχισαν να διεξάγουν σχετικά πειράματα. Στις αρχές του 1600, ο William Gilbert ανακάλυψε, εκτός από το κεχριμπάρι, και άλλα υλικά τα οποία μπορούσαν να φορτιστούν και να έλκουν διάφορα αντικείμενα. Τα υλικά αυτά τα ονόμασε ηλεκτρικά, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα τα οποία δεν μπορούσαν να φορτιστούν και τα ονόμασε μη ηλεκτρικά. Πριν από 300 περίπου χρόνια, ορισμένοι ερευνητές άρχισαν να μελετούν τη συμπεριφορά διάφορων φορτισμένων σωμάτων. Το 1733, ο Γάλλος Charles DuFay βρήκε ότι ένα κομμάτι φορτισμένου γυαλιού, απωθούσε ορισμένα φορτισμένα σωματίδια, ενώ τραβούσε άλλα. Σύντομα έγινε αντιληπτό ότι η δύναμη απώθησης ήταν εξίσου σημαντική με τη δύναμη έλξης. Από τα πειράματα αυτά, προέκυψαν δύο ομάδες υλικών . Για τα υλικά των δύο ομάδων, έχουν προταθεί διάφορα ονόματα, θα μπορούσε να έχει επιλεγεί οποιοδήποτε ζευγάρι αντίθετων ονομάτων, όπως π.χ. ανατολή-δύση, βορράς-νότος ή αρσενικό-θηλυκό. Ο Benjamin Franklin ονόμασε θετικά τα υλικά της ομάδας Α και αρνητικά τα υλικά της ομάδας Β. Οι ονομασίες αυτές χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα.

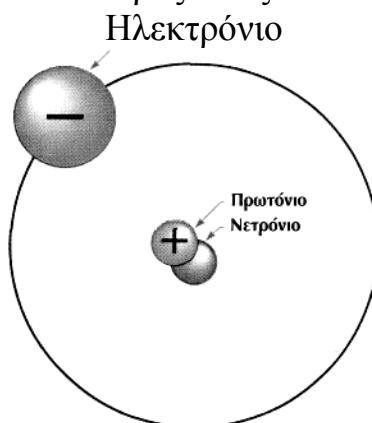
Άτομα

Για την καλύτερη κατανόηση του ηλεκτρισμού, απαιτείται να αρχίσουμε πρώτα από την μελέτη των ατόμων. Το άτομο αποτελεί τη βασική δομή του σύμπαντος. Όλη η ύλη σχηματίζεται από συνδυασμούς ατόμων. Ύλη είναι οποιαδήποτε ουσία έχει μάζα και

καταλαμβάνει χώρο. Το άτομο μοιάζει με μικροσκοπικό πλανητικό σύστημα. Τα κύρια μέρη του ατόμου είναι το ηλεκτρόνιο, τα νετρόνια και τα πρωτόνια. Στην πραγματικότητα, τα νετρόνια και τα πρωτόνια αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια, τα λεγόμενα

Quarks. Σημειώσατε ότι το πρωτόνιο έχει θετικό φορτίο, το ηλεκτρόνιο αρνητικό φορτίο, ενώ το νετρόνιο δεν έχει καθόλου φορτίο. Τα νετρόνια και τα πρωτόνια συνδυάζονται, για να σχηματίσουν τον πυρήνα του ατόμου. Αφού τα νετρόνια δεν έχουν καθόλου φορτίο, ο πυρήνας θα εμφανίζει συνολικά θετικό φορτίο. Ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα καθορίζει και το είδος του στοιχείου στο οποίο ανήκει το άτομο. Για παράδειγμα, το άτομο οξυγόνου περιέχει, στον πυρήνα του, (8) πρωτόνια, ενώ του χρυσού (79). Ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου ισούται με τον αριθμό των πρωτονίων του πυρήνα. Οι δυναμικές γραμμές, που παράγονται από το θετικό φορτίο του πρωτονίου, κατευθύνονται προς τα έξω προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο πυρήνας μπορεί να περιέχει τον ίδιο αριθμό νετρονίων και πρωτονίων, μπορεί όμως και όχι. Για παράδειγμα, ένα άτομο ηλίου περιέχει στον πυρήνα του δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια, ενώ ένα άτομο χαλκού περιέχει 29 πρωτόνια και 35 νετρόνια.

Το ηλεκτρόνιο περιφέρεται σε τροχιά έξω από τον πυρήνα. Παρατηρήσατε, στο σχήμα 1, ότι το ηλεκτρόνιο απεικονίζεται μεγαλύτερο από το πρωτόνιο. Στην πραγματικότητα, το ηλεκτρόνιο είναι περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από το πρωτόνιο. Η εκτιμώμενη διάμετρος του πρωτονίου υπολογίζεται σε 0.07 τρισεκατομμυριοστά της ίντσας, ενώ του ηλεκτρονίου σε 0.22 τρισεκατομμυριοστά της ίντσας. Αν και το ηλεκτρόνιο είναι μεγαλύτερο σε μέγεθος, το πρωτόνιο έχει 1840 φορές μεγαλύτερη μάζα. Συγκριτικά με το ηλεκτρόνιο, το πρωτόνιο αποτελεί σωματίδιο πολύ μεγάλης μάζας. Αφού το ηλεκτρόνιο έχει αρνητικό φορτίο, οι παραγόμενες δυναμικές γραμμές κατευθύνονται προς τα μέσα από όλες τις κατευθύνσεις ενώ στο πρωτόνιο προς τα έξω.

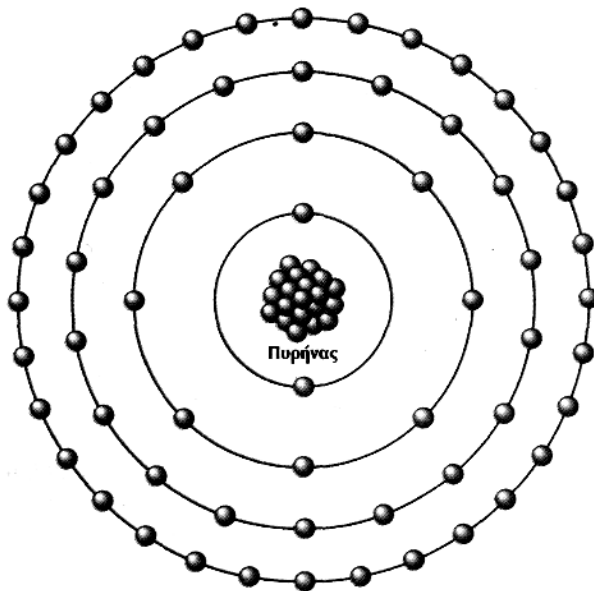


Σχήμα 1 . Τα τρία κύρια μέρη ενός ατόμου .

Τροχιές Ηλεκτρονίων

Σε ένα άτομο, η κάθε τροχιά ηλεκτρονίων μπορεί να περιέχει ένα συγκεκριμένο μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων (σχήμα 2), ο οποίος ισούται με $(2N^2)$, όπου N είναι ο αριθμός της τροχιάς. Για παράδειγμα, η πρώτη τροχιά συγκρατεί το μέγιστο μέχρι δύο ηλεκτρόνια:

$$2 \times (1)^2 \text{ ή } 2 \times 1 = 2$$



Σχήμα 2. Τροχιές ηλεκτρονίων.

Η δεύτερη τροχιά δεν μπορεί να συγκρατήσει περισσότερα από οκτώ ηλεκτρόνια:

$$2 \times (2)^2 \text{ ή } 2 \times 4 = 8$$

Η τρίτη τροχιά δεν μπορεί να συγκρατήσει περισσότερα από 18 ηλεκτρόνια:

$$2 \times (3)^2 \text{ ή } 2 \times 9 = 18$$

Η τέταρτη και η πέμπτη τροχιά δεν μπορούν να συγκρατήσουν περισσότερα από 32 ηλεκτρόνια. Τριανταδύο είναι και ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων για οποιαδήποτε τροχιά. $2 \times (4)^2 \text{ ή } 2 \times 16 = 32$

Αν και πολλές φορές οι τροχιές απεικονίζονται επίπεδες, στην πραγματικότητα αυτές είναι τρισδιάστατες. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται με τόσο μεγάλη ταχύτητα, έτσι ώστε σχηματίζουν στοιβάδες γύρω από τον πυρήνα. Για το λόγο αυτό, οι τροχιές των ηλεκτρονίων συχνά αποκαλούνται και στοιβάδες ή φλοιοί. Όταν έχουμε δυο σημεία όπου στο ένα σημείο τα ηλεκτρόνια υπερτερούν από το άλλο τότε λέμε στην ηλεκτρολογία ότι αυτά τα δύο σημεία παρουσιάζουν **διαφορά δυναμικού** ή **τάση**. Στην ηλεκτρολογία αυτό το μέγεθος συμβολίζεται με U ή V . Αν με κάποιο τρόπο ενώσουμε αυτά τα σημεία και δώσουμε ένα <<δρόμο>> στα ηλεκτρόνια τότε αυτά θα αρχίσουν να <<τρέχουν>> για να συμπληρώσουν τις κενές θέσεις στο σημείο όπου υπάρχει έλλειψη. Αυτή η **προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων** προς μια κατεύθυνση ονομάζεται **ένταση** και συμβολίζεται με I . Πρέπει λοιπόν για να έχουμε ροή ηλεκτρονίων να έχουμε και ένα <<δρόμο>> και βέβαια διαφορά δυναμικού. Τα υλικά λοιπόν που επιτρέπουν την ροή των ηλεκτρονίων ονομάζονται **αγωγοί**.

Η εξωτερική στοιβάδα ενός ατόμου είναι γνωστή ως στοιβάδα σθένους. Τα ηλεκτρόνια της στοιβάδας αυτής ονομάζονται ηλεκτρόνια σθένους. Η στοιβάδα σθένους δεν μπορεί να

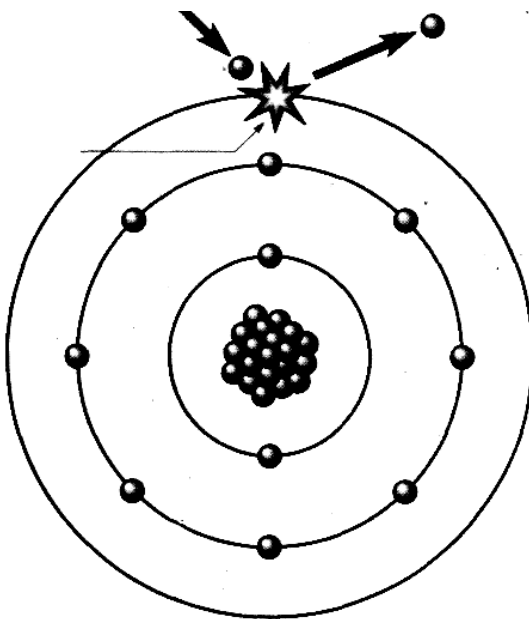
συγκρατήσει περισσότερα από οκτώ ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια σθένους είναι αυτά, τα οποία ενδιαφέρουν περισσότερο στη μελέτη του ηλεκτρισμού, επειδή τα ηλεκτρόνια αυτά εξηγούν τα περισσότερα από τα ηλεκτρικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, ένας αγωγός αποτελεί, γενικά, υλικό με ένα ή δύο ηλεκτρόνια σθένους. Άτομα με ένα ή δύο ηλεκτρόνια σθένους είναι ασταθή και παρέχουν τα ηλεκτρόνια αυτά, με λίγη προσπάθεια. Οι αγωγοί

είναι υλικά τα οποία επιτρέπουν εύκολα τη ροή ηλεκτρονίων δια μέσου αυτών. Όταν ένα άτομο διαθέτει μόνον ένα ή δύο ηλεκτρόνια σθένους, τα ηλεκτρόνια αυτά συγκρατούνται χαλαρά στο άτομο και αποδίδονται εύκολα για ροή ρεύματος. Ο άργυρος, ο χαλκός και ο

χρυσός περιέχουν ένα μόνο ηλεκτρόνιο σθένους και αποτελούν εξαιρετικούς αγωγούς του ηλεκτρισμού. Ο άργυρος είναι ο καλύτερος φυσικός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ ακολουθεί ο χαλκός, ο χρυσός και το αλουμίνιο.

Ροή Ηλεκτρονίων

Το ηλεκτρικό ρεύμα αποτελεί ροή ηλεκτρονίων. Παράγεται, όταν ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο προερχόμενο από κάποιο άτομο, θέσει εκτός τροχιάς τα ηλεκτρόνια ενός άλλου ατόμου. Όταν κάποιο άτομο περιέχει ένα και μοναδικό ηλεκτρόνιο σθένους, το ηλεκτρόνιο αυτό απελευθερώνεται εύκολα, όταν προσπέσει πάνω του κάποιο άλλο ηλεκτρόνιο. Το προσπίπτον ηλεκτρόνιο παρέχει την ενέργεια του στο απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο. Ακολούθως, το προσπίπτον ηλεκτρόνιο παραμένει σε τροχιά γύρω από το άτομο, ενώ το απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο κινείται ελεύθερα προς σύγκρουση με κάποιο άλλο ηλεκτρόνιο. Το ίδιο φαινόμενο μπορεί κάποιος να παρατηρήσει στο παιχνίδι του μπιλιάρδου. Εάν η κινούμενη μπίλια της στέκας προσκρούσει απευθείας πάνω σε μια ακίνητη μπίλια, τότε η ενέργεια της πρώτης μπίλιας μεταδίδεται στη δεύτερη. Η ακίνητη μπίλια, παίρνοντας την περισσότερη από την ενέργεια της κινούμενης, αρχίζει να κινείται, ενώ η προσπίπτουσα μπίλια σταματά. Μέρος της ενέργειας της προσπίπτουσας μπίλιας μετατρέπεται κατά την πρόσκρουση σε θερμότητα. Με τον ίδιο τρόπο, μέρος της ενέργειας του προσπίπτοντος ηλεκτρονίου μετατρέπεται και αυτό σε θερμότητα. Αυτός είναι και ο λόγος, για τον οποίο ένας αγωγός που διαρρέετε από ρεύμα, θερμαίνεται. Εάν διέλθει υπερβολικά μεγάλο ρεύμα μέσα από έναν αγωγό, τότε η παραγόμενη υπερθέρμανση θα καταστρέψει τον αγωγό και ενδέχεται να προκληθεί κίνδυνος πυρκαγιάς.

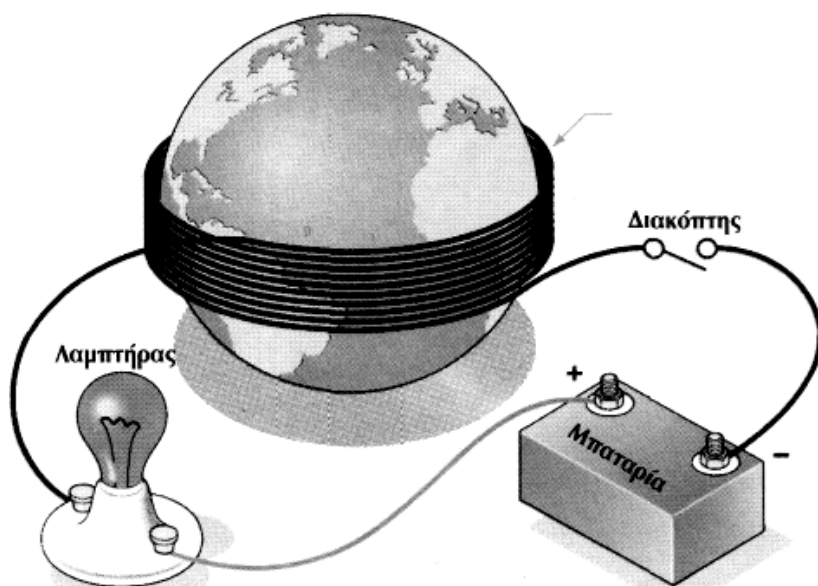


Ταχύτητα ρεύματος

Αν υποθέσουμε ότι μπορούμε να αποσπάσουμε κάποιο ηλεκτρόνιο από τον αγωγό και για αναγνώριση το βάψουμε κόκκινο. Εάν ήταν δυνατό να παρατηρήσουμε την πρόοδο του ηλεκτρονίου αυτού, καθώς μεταβαίνει από άτομο σε άτομο, θα διαπιστώναμε ότι κινείται αρκετά αργά. Υπολογίζεται, ότι για ένταση ρεύματος 1 Α, ένα ηλεκτρόνιο κινείται με ταχύτητα περίπου 8 εκατοστά την ώρα . Ωστόσο, η διέγερση του ηλεκτρισμού μεταδίδεται εξαιρετικά γρήγορα. Θεωρούμε προς στιγμή ότι ένας σωλήνας είναι γεμάτος μπαλάκια πίνγκ-πόνγκ . Εάν ένα μπαλάκι εξαναγκασθεί να εισέλθει στη μία άκρη του σωλήνα, το μπαλάκι στην άλλη άκρη του σωλήνα θα εξαναγκασθεί να εξέλθει. Κάθε φορά που εισέρχεται ένα μπαλάκι στο ένα άκρο, τότε κάποιο μπαλάκι εξέρχεται από το άλλο άκρο. Η ίδια αρχή ισχύει και για τα δισεκατομμύρια ηλεκτρόνια που ρέουν σε έναν αγωγό. Όταν ένα ηλεκτρόνιο εισέρχεται στο ένα άκρο του αγωγού, ένα ηλεκτρόνιο εξέρχεται από το άλλο άκρο.

Για να δημιουργηθεί ροή ρεύματος σε ένα κύκλωμα, θα πρέπει να υπάρχει κάποια κλειστή διαδρομή . Ένα τέτοιο κύκλωμα συχνά αποκαλείται κλειστό κύκλωμα, επειδή η πηγή ισχύος, οι αγωγοί και το φορτίο σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο. Στο σχήμα, ο λαμπτήρας είναι το φορτίο.

Για πολλά χρόνια, θεωρούσαν ότι η ταχύτητα της ηλεκτρικής διέγερσης έχει το θεωρητικό όριο των 300.000000 μέτρων ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή της ταχύτητας του φωτός. Ωστόσο, πρόσφατα αποδείχθηκε ότι η ηλεκτρική διέγερση στην πραγματικότητα μεταδίδεται ταχύτερα από το φως. Θεωρήστε ένα υποθετικό καλώδιο, μήκους αρκετού να τυλίξει τη γη 10 φορές. Εάν στο ένα άκρο συνδεθεί μία πηγή ισχύος με ένα διακόπτη και στο άλλο άκρο ένας λαμπτήρας , τότε η λαμπτήρας θα ανάψει εκείνη ακριβώς τη στιγμή που θα κλείσει ο διακόπτης. Για να διανύσει το φως την περίμετρο της γης 10 φορές, χρειάζεται περίπου 1,5 δευτερόλεπτο.



Το ρεύμα ταξιδεύει ταχύτερα από το φως

Όλα τα μεγέθη έχουν μια μονάδα που θεωρείται σαν μέτρο σύγκρισης .

Για την μέτρηση αυτών των μεγεθών χρησιμοποιούμε όργανα με διάφορες μορφές που θα γνωρίσετε από το πρώτο εργαστηριακό μάθημα . Τα ηλεκτρικά μεγέθη είναι κοινά σε ολόκληρο τον κόσμο.

To Volt

Η τάση ορίζεται ως η ηλεκτρεγερτική δύναμη ($H E \Delta$), η οποία ωθεί τα ηλεκτρόνια μέσω των αγωγών και γι' αυτό συχνά αναφέρεται και ως ηλεκτρική πίεση. Ένα Volt αποτελεί απαιτούμενο δυναμικό, για την παραγωγή έργου ενός Joule από φορτίο ενός Coulomb. Δόθηκε αυτό το όνομα προς τιμή του Alessandro Volta ο οποίος εφεύρε την πρώτη γαλβανική στήλη από χημικά στοιχεία. Εκείνη η στήλη θεωρήθηκε πρότυπη και θεωρήθηκε ότι έχει 1 Volt. Επειδή σε όλα σε μεγέθη για να συγκρίνουμε κάτι έχουμε ένα σημείο αναφοράς έτσι και στην τάση θεωρείτε σαν σημείο αναφοράς η γη , η οποία έχει δυναμικό μηδέν. Λέμε λοιπόν ότι στο δίκτυο μας ότι έχουμε 230 Volt ως προς τη γη. Αυτό που πρέπει να θυμάστε είναι ότι η τάση δεν ρέει. Σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, η τάση αντιστοιχεί στην πίεση ενός υδραυλικού συστήματος . Εάν πείτε ότι η τάση ρέει σε ένα κύκλωμα, είναι σαν να λέτε ότι η πίεση ρέει μέσα σε ένα σωλήνα. Η πίεση ωθεί το νερό μέσα στο σωλήνα και δεν είναι ορθό να λέτε ότι η πίεση ρέει μέσα στο σωλήνα. Το ίδιο ισχύει και για την τάση. Η τάση προκαλεί το ρεύμα μέσα στον αγωγό, αλλά η τάση δεν ρέει μέσα στον αγωγό.

To Coulomb

Το Coulomb αποτελεί μονάδα μέτρησης της ποσότητας των ηλεκτρονίων (ηλεκτρικού φορτίου). Ένα Coulomb περιέχει 6.25×10^{18} ή 6.250.000.000.000.000.000 ηλεκτρόνια.

Για την καλύτερη αντίληψη του αριθμού των ηλεκτρονίων, που περιέχονται σε ένα Coulomb, συγκρίνετε τη σχέση μεταξύ ενός δευτερολέπτου και 200 δισεκατομμυρίων ετών. Η ονομασία Coulomb δόθηκε προς τιμήν του Γάλλου επιστήμονα Charles Augustin Coulomb, ο οποίος έζησε περί το 1700. Ο Coulomb πειραματίστηκε με ηλεκτροστατικά φορτία και ανέπτυξε ένα νόμο σχετικά με την ελκτική και απωθητική δύναμη μεταξύ αυτών των φορτίων. Ο νόμος αυτός, γνωστός ως νόμος του Coulomb για τα ηλεκτροστατικά φορτία, δηλώνει ότι η δύναμη της ηλεκτροστατικής έλξης ή άπωσης είναι (ευθέως) ανάλογη του γινομένου των δυο αυτών φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης.

To Ampere

Η ονομασία Ampere δόθηκε προς τιμήν του επιστήμονα Andrie Ampere, ο οποίος έζησε περί τα τέλη του 1700 έως τις αρχές του 1800. Ο Ampere είναι περισσότερο γνωστός για τις εργασίες του στον ηλεκτρομαγνητισμό . Το Ampere (A) ορίζεται ως ένα Coulomb ανά δευτερόλεπτο. Παρατηρήσατε ότι ο ορισμός του Ampere εμπλέκει τη μονάδα μέτρησης ενός ηλεκτρικού μεγέθους, το Coulomb, και τη χρονική μονάδα μέτρησης, το δευτερόλεπτο. Το διερχόμενο από έναν αγωγό ρεύμα ισούται με ένα Ampere, όταν από κάποιο σημείο του αγωγού διέρχεται ένα Coulomb ανά δευτερόλεπτο. Το Ampere αποτελεί μονάδα μέτρησης της ποσότητας ηλεκτρισμού (έντασης ρεύματος) που διέρχεται από ένα κύκλωμα. Τα γράμματα **I** για την ένταση ρεύματος και **A** για τα Amperes, χρησιμοποιούνται και τα δύο σε αλγεβρικές σχέσεις που εκφράζουν τη ροή ρεύματος.

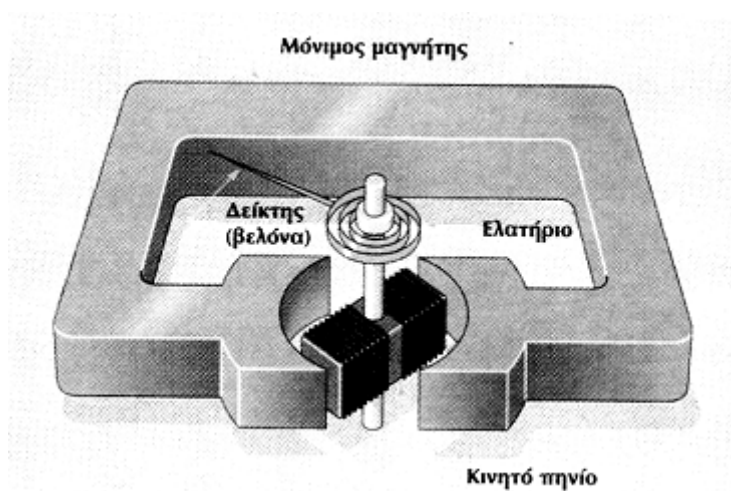
Το Ohm

Ως ηλεκτρική αντίσταση ορίζεται η **δυσκολία** που συναντάνε τα ηλεκτρόνια όταν περνάνε μέσα από ένα αγωγό. Χωρίς την ηλεκτρική αντίσταση όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα θα ήταν βραχυκυκλώματα. Το Ohm αποτελεί τη μονάδα μέτρησης της αντίστασης. Η ονομασία αυτή δόθηκε προς τιμήν του Γερμανού επιστήμονα George S. Ohm. Το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του Ohm, είναι το γράμμα **Ω** . Το γράμμα **R** αντιπροσωπεύει την ωμική αντίσταση στις αλγεβρικές σχέσεις. Ένα Ohm αντιπροσωπεύει την αντίσταση, που επιτρέπει τη ροή ρεύματος 1 Ampere, όταν εφαρμόζεται τάση 1 Volt. Όλα τα ηλεκτρικά φορτία, όπως π.χ. στοιχεία θέρμανσης, λαμπτήρες κ .τ .λ. μετρώνται σε Ohms. Η ηλεκτρική αντίσταση είναι συνάρτηση παραγόντων που θα δούμε στη συνέχεια. Για μια ακόμη φορά επισημαίνουμε ότι το ρεύμα ακολουθεί τους νόμους της φύσης. Ότι αφορά την ηλεκτρική αντίσταση το ρεύμα θα ακολουθήσει τον <<δρόμο>> με την λιγότερη αντίσταση γιατί φυσικά είναι πιο εύκολος .

ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Μέτρηση σημαίνει ο αριθμός των μονάδων σύμφωνα με αυτήν που θεωρείται πρότυπη. Τα ηλεκτρικά μεγέθη είναι μεγέθη τα οποία μετρούνται και οι μονάδες τους είναι κοινές σε όλο τον κόσμο. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιούμε όργανα με διάφορες μορφές τα οποία χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα αναλογικά όργανα και τα ψηφιακά. Τα αναλογικά χαρακτηρίζονται από ένα δείκτη (βελόνα) και μια κλίμακα ένδειξης τιμών και τα ψηφιακά απεικονίζουν το μέγεθος αριθμητικά σε οθόνη που υπάρχει πάνω στο όργανο..

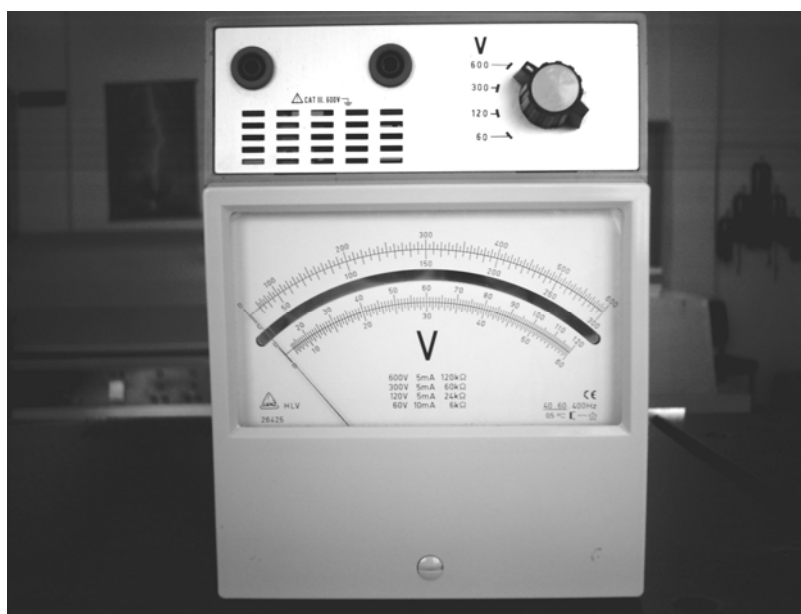
ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ



Εσωτερική δομή αναλογικού οργάνου

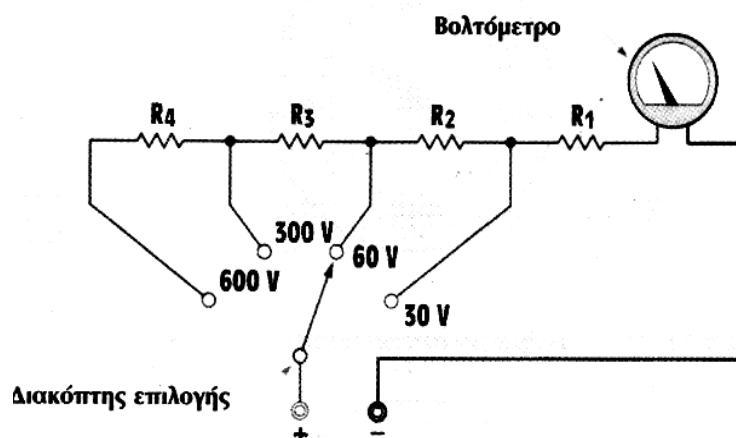
Βασίζονται στην αρχή ότι οι ομώνυμοι μαγνήτες απωθούνται μεταξύ τους. Συνδέοντας το όργανο στο κύκλωμα διέρχεται από το πηνίο του ένα ρεύμα το οποίο δημιουργεί γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο. Βρισκόμενο ξαφνικά ένα μαγνητικό πεδίο μέσα σε ένα άλλο και με τέτοια διάταξη τέτοια ώστε οι ομώνυμοι μαγνήτες να βρίσκεται ο ένας απέναντι στον άλλο, η βελόνα μετακινείται ανάλογα πάντα με το μέγεθος το οποίο μετρά. Ισχυρότερο ρεύμα σημαίνει ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο και συνεπώς μεγαλύτερη απόκλιση. Τα αναλογικά όργανα που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο και είναι καθαρά για εκπαιδευτικό σκοπό διαθέτουν και ένα επιλεκτικό διακόπτη για αλλαγή κλίμακας. Ο λόγος που υπάρχουν οι κλίμακες είναι για να έχουμε μεγάλο εύρος μέτρησης του μεγέθους. Κατά την μέτρηση επιλέγουμε τη μέγιστη κλίμακα που διαθέτει το όργανο γιατί το μέγεθος που θα μετρήσουμε μα είναι άγνωστο. Κατόπιν κατεβάζουμε κλίμακα έως ότου η βελόνα περάσει το μέσο της διαδρομής της (χωρίς να τερματίσει). Αν συμβεί αυτό και υπάρχει χαμηλότερη κλίμακα δεν κατεβάζουμε άλλη. Κατά την μεταβολή του διακόπτη από μεγάλη σε μικρότερη κλίμακα η βελόνα μετατοπίζεται προς τα δεξιά, το μέγεθος όμως δεν αλλάζει. Οι κλίμακες υπάρχουν για να προσαρμόσουμε το όργανο σε ένα τέτοιο φάσμα ώστε το μέγεθος να είναι μετρήσιμο , ευανάγνωστο με όσο το δυνατό μικρότερο σφάλμα. Βασική προϋπόθεση πριν τη μέτρηση (όταν το κύκλωμα είναι ανενεργό) είναι ο μηδενισμός του οργάνου από μια βίδα η οποία βρίσκεται στο μέσον του. Τα όργανα διαθέτουν ένα καθρέπτη ο οποίος χρησιμεύει ώστε κατά την ανάγνωση (ενεργό κύκλωμα πλέον) το είδωλο της βελόνας να μην το βλέπουμε στον καθρέπτη που σημαίνει βλέπουμε κάθετα το όργανο και όχι υπό γωνία για ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα.

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ

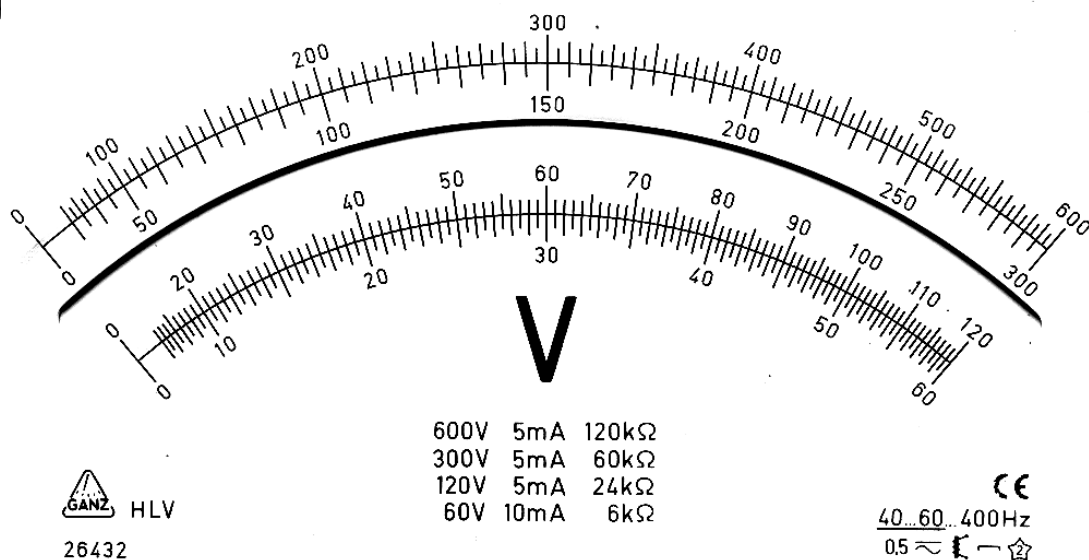


Αναλογικό βολτόμετρο GANZ HLV-2

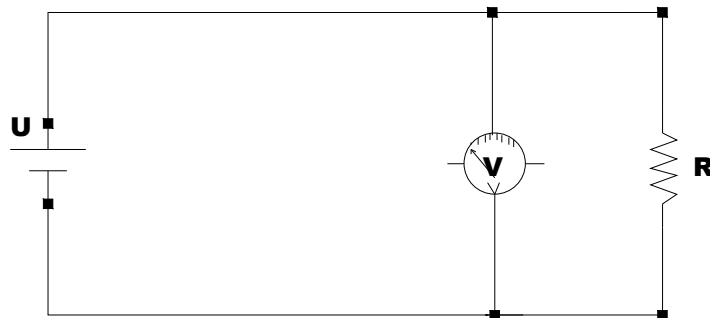
Το βολτόμετρο είναι ένα όργανο που μετρά την διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων (τάση). Έχει ένα τύλιγμα με δυο άκρα το οποίο διαθέτει πολύ υψηλή ωμική αντίσταση και πολλές σπείρες με πολύ μικρή διατομή. Το βιομηχανικό πρότυπο είναι 20.000Ω ανά Volt στο DC (συνεχές ρεύμα) και 5.000Ω ανά Volt στο AC (εναλασσόμενο ρεύμα). Τα αναλογικά βολτόμετρα που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο μετράνε και DC και AC. Συνδέεται πάντα **παράλληλα** στο φορτίο, συνδέοντας το ένα άκρο στο ένα σημείο και το άλλο άκρο του στο δεύτερο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού, για παράδειγμα στα άκρα ενός λαμπτήρα. Κατά την συναρμολόγηση ενός κυκλώματος βολεύει για πρακτικούς λόγους να παραμελούμαστε τα βολτόμετρα και να τα συνδέουμε μόλις ολοκληρώσουμε το κύκλωμα. Τα βολτόμετρα που διαθέτουμε έχουν τέσσερις κλίμακες 60 V, 120 V, 300 V και 600 V. Ο αριθμός της κλίμακας μας δείχνει την μέγιστη τιμή του μεγέθους που μετράμε. Δηλαδή αν η βελόνα βρίσκεται ακριβώς στο τέρμα της διαδρομής της και έχουμε τον διακόπτη στην θέση 120 V σημαίνει ότι εκείνη τη στιγμή μετράμε 120 V. Η βαθμονόμηση της κλίμακας είναι γραμμική. Αν δηλαδή στην προηγούμενη περίπτωση η βελόνα ήταν ακριβώς στη μέση θα μετρούσαμε 60 V. Οι κλίμακες καθιστούν τα όργανα πιο ευέλικτα. Όσον αφορά το συγκεκριμένο είναι σαν να έχουμε τέσσερα διαφορετικά βολτόμετρα.



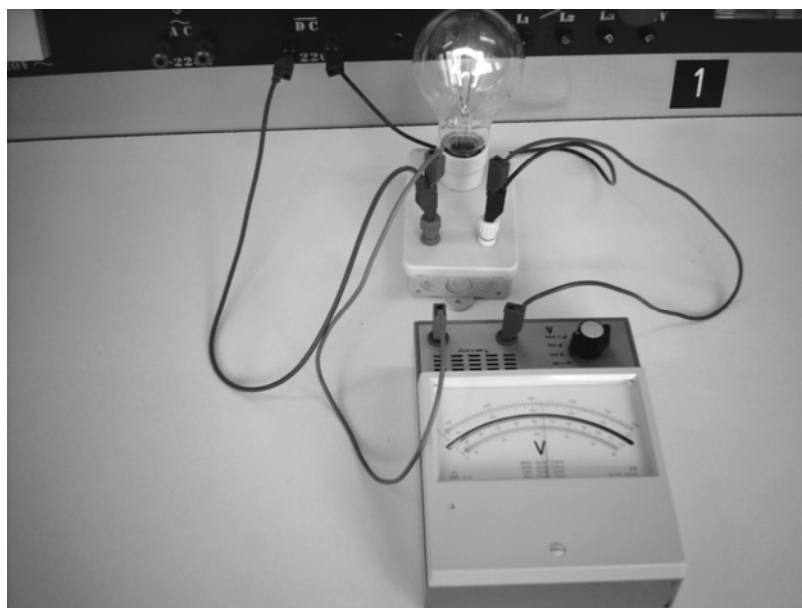
Τονίζουμε ότι κατά την επιλογή της κατάλληλης κλίμακας το μέγεθος που μετράμε **δεν αλλάζει**. Προσπαθούμε να φέρουμε την βελόνα όσο το δυνατόν πιο δεξιά **χωρίς να τερματίσει**. Μπορούμε να κατεβάζουμε κλίμακα όταν είναι ενεργό το κύκλωμα χωρίς κανένα κίνδυνο. Στο ταμπλό του οργάνου υπάρχει περίπτωση κατά την βαθμονόμηση να είναι πλήρως



Ανάλογα με την κλίμακα που επιλέξαμε πάμε στην ανάλογη βαθμονόμηση και μετράμε το μέγεθος. Υπάρχει περίπτωση όμως να είναι δυο μόνο ανεπτυγμένες. Η 60 V και η 300 V. Η βαθμονόμηση των 60 V καλύπτει και των 120 V ως ακέραιο υποπολλαπλάσιο. Για παράδειγμα αν βρισκόμαστε στην κλίμακα 120 V και διαβάζουμε 50 V στην βαθμονόμηση των 60 V, το μέγεθος είναι 100 V. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες δυο κλίμακες. Το βολτόμετρο λόγω της υψηλής εσωτερικής του αντίστασης θεωρείται ότι δεν διαρρέετε από ρεύμα.

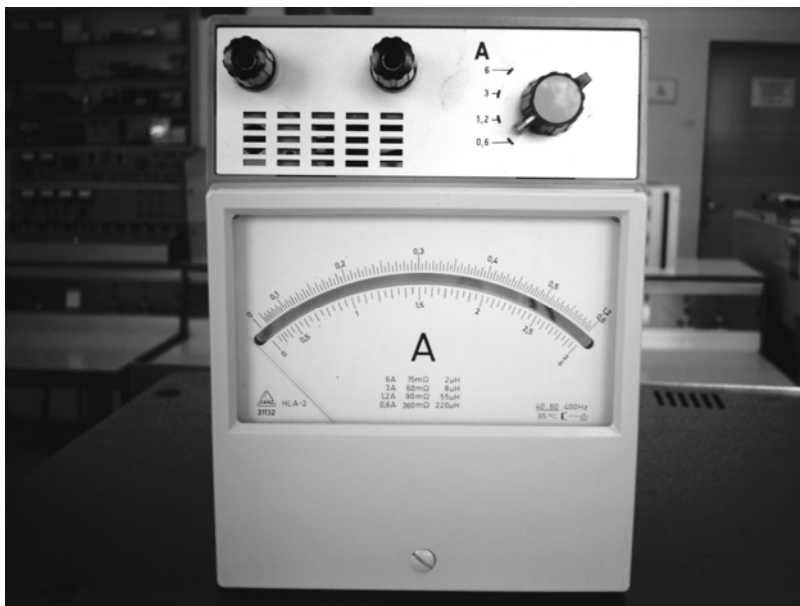


Απλούστερη δυνατή σύνδεση βολτόμετρου στα άκρα ωμικής αντίστασης.



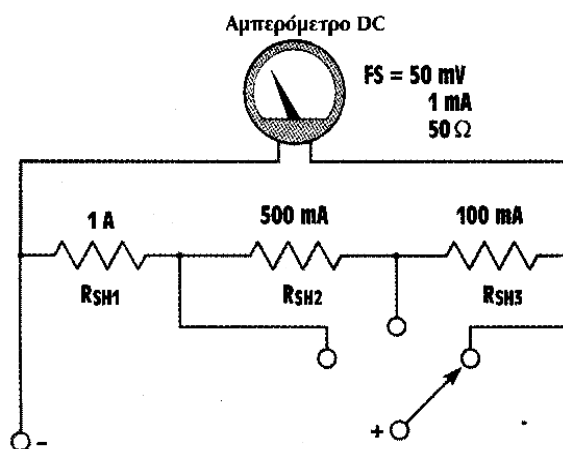
Το ίδιο κύκλωμα όπως το συναρμολογούμε σε πηγή DC.

ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ

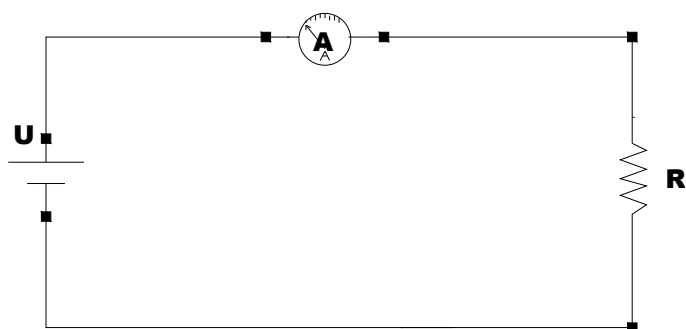


Αναλογικό αμπερόμετρο GANZ HLA-2.

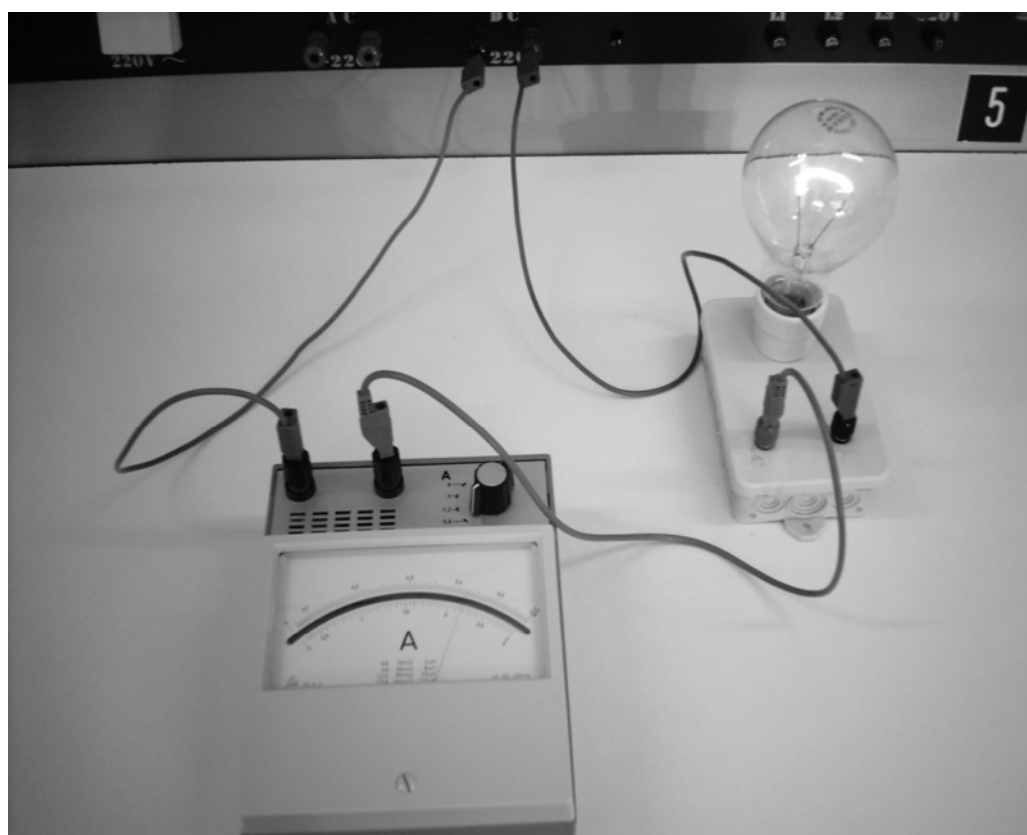
Το αμπερόμετρο αντίθετα από το βολτόμετρο αποτελεί ένα όργανο πολύ χαμηλής ωμικής αντίστασης. Διαθέτει ένα τύλιγμα με δυο άκρα και λίγες σπείρες μεγάλης διατομής.



Χρησιμοποιείται για την μέτρηση της έντασης που διαρρέει ένα φορτίο και συνδέεται **πάντα σε σειρά**. Η τυπική τιμή της εσωτερικής αντίστασης ενός αμπερόμετρου είναι μικρότερη του $0,1 \Omega$. Λόγω της χαμηλής του αντίστασης θεωρείται ότι δεν παρουσιάζει πτώση τάσης στα άκρα του, δηλαδή σαν ένας αγωγός. Ποτέ δεν συνδέουμε ένα αμπερόμετρο σε σημεία που έχουν διαφορά δυναμικού. Υπάρχει κίνδυνος για τον χρήστη και συγχρόνως κίνδυνος καταστροφής του οργάνου. Τα αμπερόμετρα που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο διαθέτουν και αυτά τέσσερις κλίμακες για τους ίδιους λόγους που αναλύθηκαν πριν. Τα συνδέουμε πάντα κατά την συναρμολόγηση ενός κυκλώματος γιατί πρέπει το ρεύμα του φορτίου που θέλουμε να μετρήσουμε να περνά και **μέσα** από το αμπερόμετρο. Όπως στο βολτόμετρο έτσι και στο αμπερόμετρο μπορούμε να κατεβάζουμε κλίμακες σε ενεργό κύκλωμα.

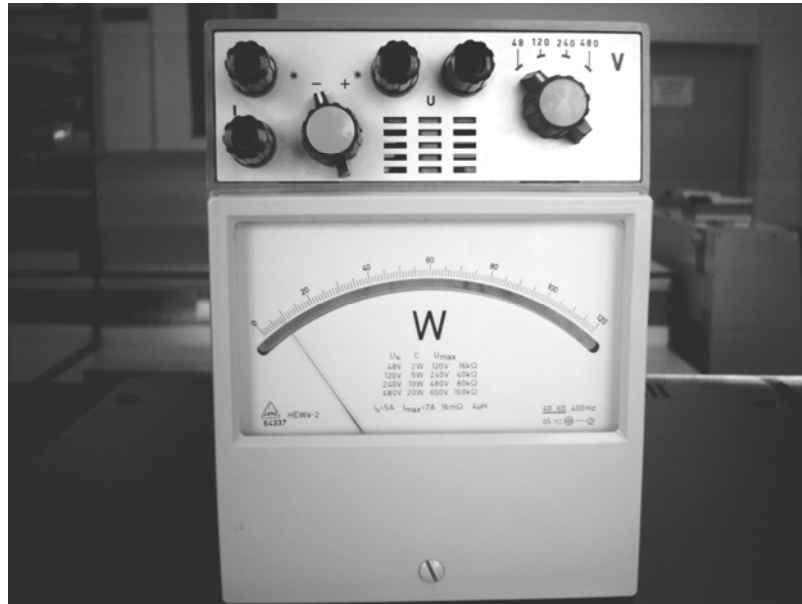


Απλούστερη δυνατή σύνδεση αμπερόμετρου με ωμική αντίσταση.



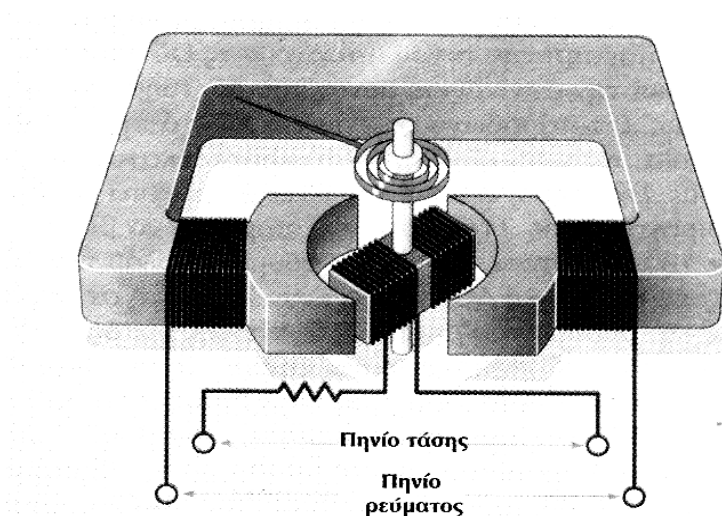
Το ίδιο κύκλωμα όπως το συναρμολογούμε σε πηγή DC.

ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ



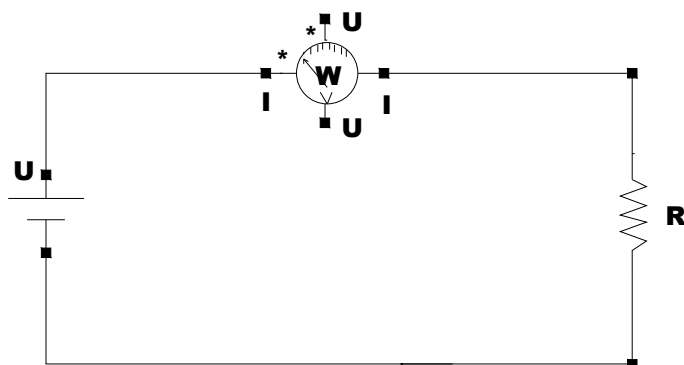
Αναλογικό βαττόμετρο GANZ HEWA-2.

Το βαττόμετρο είναι ένα όργανο που συνδυάζει μέτρηση δυο μεγεθών, τάσης και έντασης. Για αυτόν το λόγο διαθέτει δυο ανεξάρτητα τυλίγματα . Ανάμεσα στα άκρα του τυλίγματος του βολτόμετρου υπάρχει το σύμβολο U και του αμπερόμετρου το I [κάθε άκρο των δυο τυλιγμάτων έχει στο πλάι του ένα αστερίσκο (*)] . Για να έχουμε ένδειξη πρέπει να συνδεθούν σωστά και τα δυο τυλίγματα. Το βαττόμετρο μετρά απευθείας την ισχύ σε βάττ (W) του φορτίου όπου το συνδέουμε.

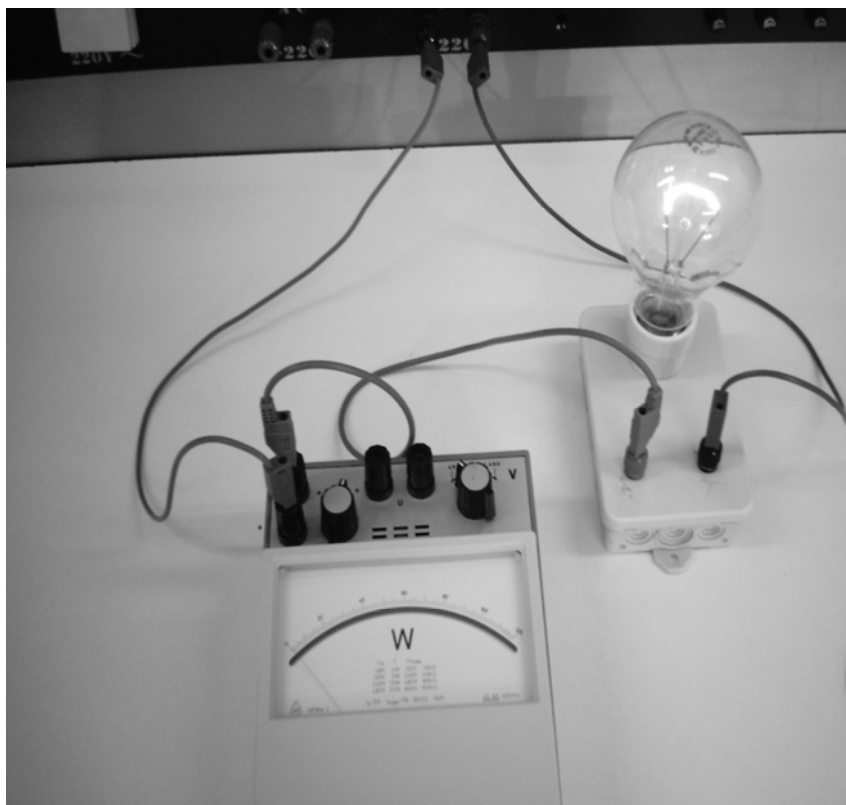


Σχηματική παράσταση βαττόμετρου που περιλαμβάνει δυο πηνία, ένα για τάση και ένα για ένταση .

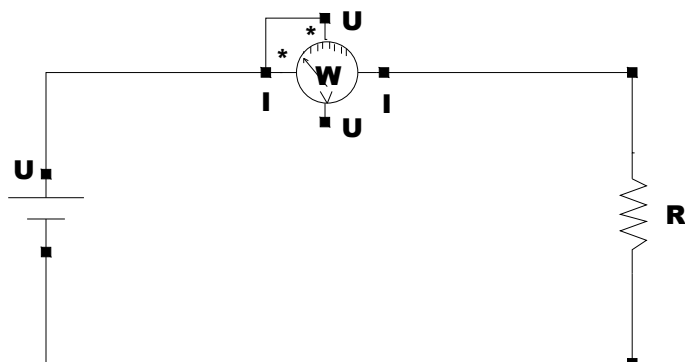
Η σύνδεση αυτού του οργάνου είναι υπερβολικά απλή αν ακολουθήσουμε τρία απλά βήματα. Θα πάρουμε την απλούστερη περίπτωση μετρώντας την ισχύ σε ένα λαμπτήρα για να έχουμε και οπτικές ενδείξεις .α) Συνδέουμε το τύλιγμα (I) του αμπερόμετρου (του βαττόμετρου) σαν να πρόκειται για ένα απλό αμπερόμετρο και κλείνουμε το βρόγχο (αν ενεργοποιήσουμε το κύκλωμα θα διαπιστώσουμε ότι ο λαμπτήρας ανάβει χωρίς όμως να μετακινείται η βελόνα του βαττόμετρου) . β) Παίρνουμε ένα κοντό καλώδιο και βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες που έχουν τον αστερίσκο (*) . **Με αυτή την κίνηση συνδέουμε ένα άκρο του βολτόμετρου σε ένα άκρο του λαμπτήρα.** γ) Παίρνοντας ένα άλλο καλώδιο σαφώς μεγαλύτερο σε μήκος και συνδέοντας το , στο μόνο κενό πλέον ακροδέκτη του οργάνου (το άλλο άκρο του τυλίγματος βολτομέτρου) το βραχυκυκλώνουμε με το δεύτερο άκρο του λαμπτήρα.



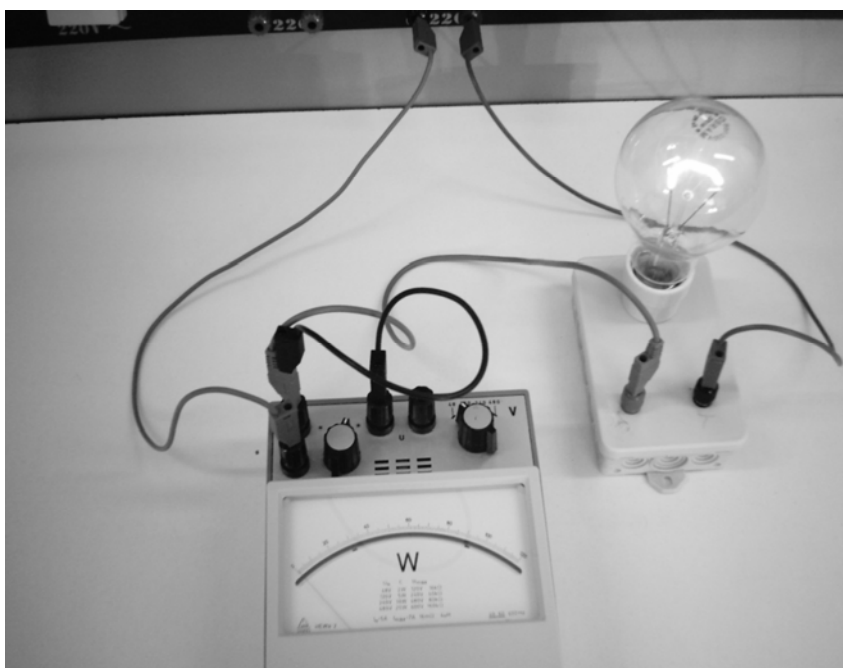
α) Σύνδεση πηνίου αμπερόμετρου του βαττόμετρου (σχέδιο) .



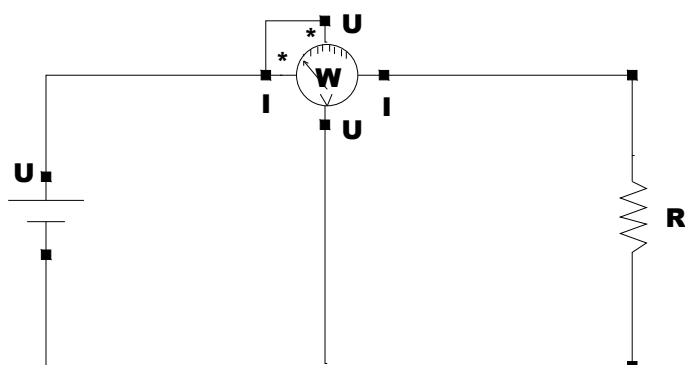
α) Πρακτική συνδεσμολογία πρώτου βήματος



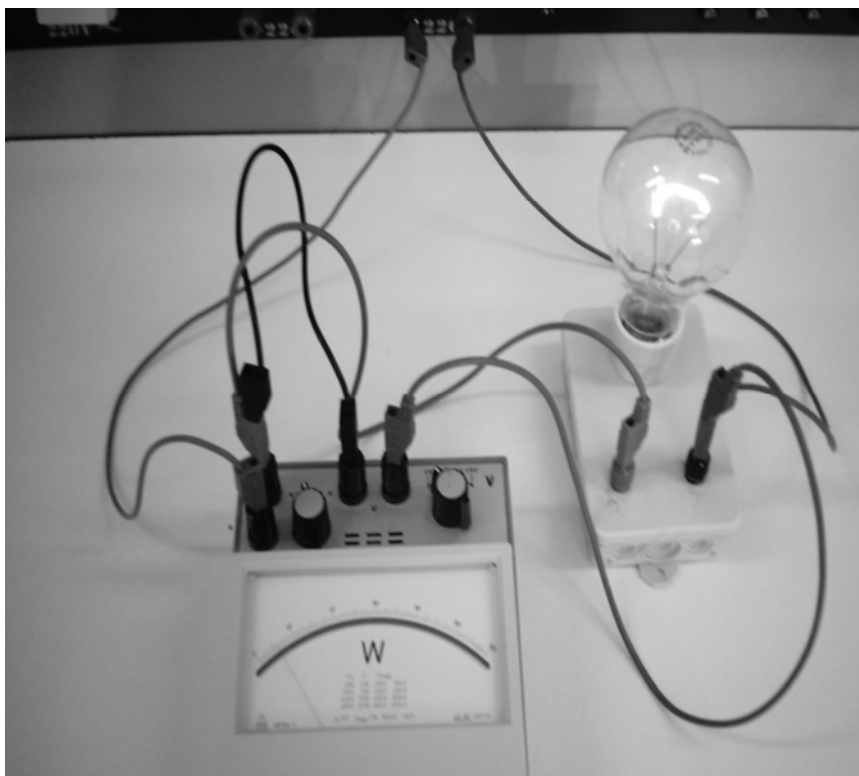
β) Βραχυκυκλώνουμε με ένα κοντό καλώδιο τους δυο ακροδέκτες που έχουν τον αστερίσκο (σχέδιο).



β) Πρακτική συνδεσμολογία δεύτερου βήματος.



γ) Συνδέουμε και το δεύτερο άκρο του τυλίγματος του βολτόμετρου.

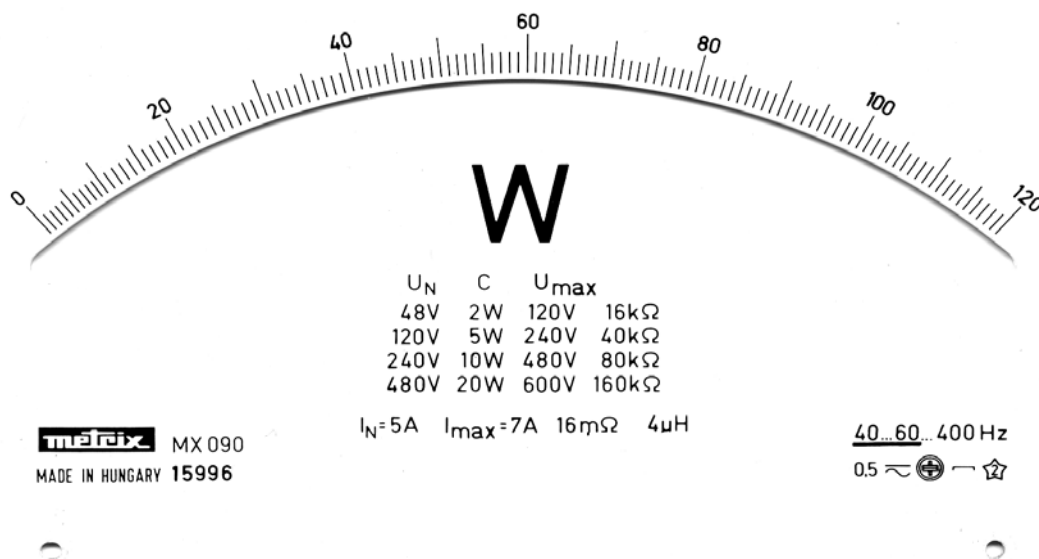


γ) Πρακτική συνδεσμολογία τρίτου βήματος.

Ας υποθέσουμε ότι μετά την σύνδεση του τυλίγματος αμπερομέτρου (μετά το πρώτο βήμα) παίρνουμε δυο καλώδια και τα συνδέουμε στο τύλιγμα βολτομέτρου και κατόπιν στα άκρα του λαμπτήρα. Η σύνδεση αυτή δεν θεωρείται λανθασμένη και στο όργανο θα έχουμε ένδειξη κανονική. Θα διαπιστώσουμε όμως ότι πηγαίνουν προς την κατανάλωση τέσσερα καλώδια. Με το βραχυκύκλωμα των δυο αστερίσκων (το οποίο γίνεται για πρακτικούς λόγους) θα διαπιστώσουμε ότι πηγαίνουν προς την κατανάλωση τρία καλώδια. Πέραν του εκπαιδευτικού μέρους, υπάρχουν ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις όπου τα όργανα ελέγχου απέχουν πολύ από τις καταναλώσεις. Ως γνωστό υπάρχουν τρεις βασικοί κανόνες που διακρίνουν μια υγιή ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Ασφάλεια, καλαισθησία και οικονομία.

Την ίδια τακτική για την συνδεσμολογία ακολουθούμε για οποιοδήποτε φορτίο και αν μας ζητηθεί . Υπάρχει ενδεχόμενο το φορτίο να μην είναι μόνο ένα και να είναι δυο λαμπτήρες ή τρεις λαμπτήρες ή ακόμη και ένα ολόκληρο μικτό κύκλωμα. Στον συμβολισμό του βαττόμετρου στο σχέδιο (διαθέτει τέσσερα άκρα) στην οριζόντια θέση βρίσκεται πάντα το τύλιγμα του αμπερόμετρου και κάθετα το τύλιγμα του βολτόμετρου . Κατά την συναρμολόγηση οποιουδήποτε κυκλώματος βολεύει να ξεκινάμε από ένα άκρο της πηγής συνδέοντας όλα τα αμπερόμετρα (ακόμα και του βαττόμετρου αν υπάρχει) και τα φορτία έως ότου κλείσουμε το βρόχο επιστρέφοντας στο άλλο άκρο της πηγής και κατόπιν συνδέουμε τελευταία τα οποιαδήποτε βολτόμετρα.

Στο βαττόμετρο έχουμε επίσης τέσσερις θέσεις του επιλεκτικού διακόπτη 48 , 120, 240 και 480 , ο οποίος επεμβαίνει μόνο στο πηνίο του βολτόμετρου .Στο ταμπλό του όμως έχουμε **μια** μόνο ανεπτυγμένη κλίμακα , από 0 έως 120 .



Έτσι λοιπόν υπάρχει ένας μικρός πίνακας στο μέσο του οργάνου από όπου ερμηνεύουμε ότι αν έχουμε τον διακόπτη στην θέση 48 το μέγεθος που μετράμε το πολλαπλασιάζουμε επί δυο, αν είναι στη θέση 120 το πολλαπλασιάζουμε επί πέντε στην 240 επί δέκα και στην 480 επί είκοσι .

U_N	C	U_{max}	
48V	2W	120V	16kΩ
120V	5W	240V	40kΩ
240V	10W	480V	80kΩ
480V	20W	600V	160kΩ

Υπενθυμίζουμε ότι για όλα τα όργανα ξεκινώντας μια μέτρηση βάζουμε τον διακόπτη στην μέγιστη κλίμακα γιατί το μέγεθος είναι άγνωστο. Δίνοντας τάση στο κύκλωμα αν έχουμε χαμηλή και μη αναγνώσιμη ένδειξη έχουμε το δικαίωμα να κατεβάσουμε κλίμακα ακόμα και αν είναι ενεργό.

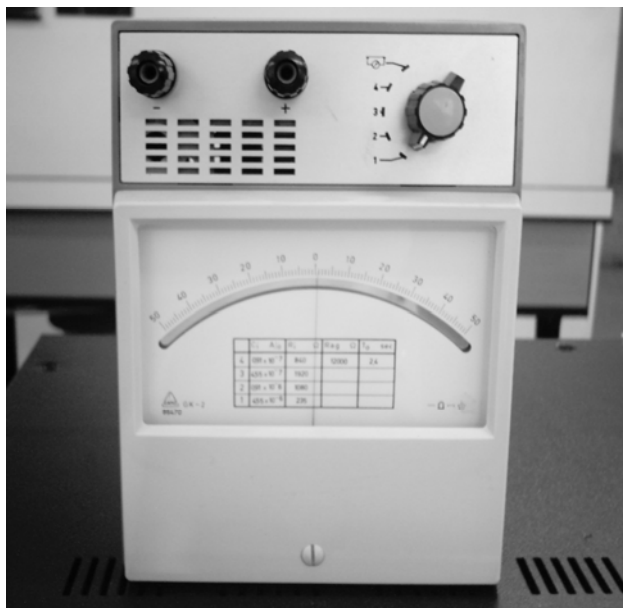
Στο βαττόμετρο υπάρχει ένας επιπλέον διακόπτης δυο θέσεων στο αριστερό μέρος του και έχει τον συμβολισμό (+ -) . Επειδή δεν υπάρχει μόνιμος μαγνήτης στο εσωτερικό του και τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται εξαρτώνται από τη συνδεσμολογία των τυλιγμάτων (ανάλογα από ποιο άκρο θα εισέλθει το ρεύμα, καμία δεν θεωρείται λανθασμένη) υπάρχει περίπτωση τροφοδοτώντας το κύκλωμα η βελόνα να τείνει ανάστροφα . Γυρνώντας το διακόπτη στην άλλη θέση το όργανο δείχνει κανονικά.

ΩΜΟΜΕΤΡΟ



Το ωμόμετρο χρησιμοποιείτε για την μέτρηση της αντίστασης. Το αναλογικό ωμόμετρο το συναντάμε πάντα ενσωματωμένο στα αναλογικά πολύμετρα . Διαθέτει εσωτερική πηγή για να λειτουργήσει και **ποτέ δεν συνδέουμε ένα ωμόμετρο όταν το κύκλωμα είναι υπό τάση** γιατί είναι σίγουρο πως θα καταστραφεί. Επίσης ποτέ δεν μετράμε την αντίσταση ενός εξαρτήματος (π .χ . μια αντίσταση) όταν αυτό είναι συνδεδεμένο στο κύκλωμα γιατί θα πάρουμε λανθασμένη ένδειξη. Στα αναλογικά ωμόμετρα χρειάζεται μηδενισμός του οργάνου πριν τη μέτρηση (βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες του και το μηδενίζουμε από ένα ποτενσιόμετρο που υπάρχει πάνω στο όργανο) . Αυτό το κάνουμε κάθε φορά που θέλουμε να μετρήσουμε γιατί με την πάροδο του χρόνου και τη χρήση η τάση της πηγής του μειώνεται. Ουσιαστικά το ωμόμετρο μετρά την πτώση τάσης στα άκρα του εξαρτήματος που μετράμε. Έχουν διακόπτη με κλίμακες πού συνήθως συμβολίζονται Rx1 , Rx100 , Rx1000 , Rx10000. Η μηδενική τιμή βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του. Βραχυκυκλώνοντας δηλαδή τα άκρα των ακροδεκτών του η βελόνα τείνει προς τα δεξιά και γυρνώντας το ποτενσιόμετρο την φέρνουμε ακριβώς στην αρχή του οργάνου όπου είναι το μηδέν . Η κλίμακα στα αναλογικά ωμόμετρα δεν είναι γραμμική με αποτέλεσμα η ακρίβεια των μετρήσεων να μην είναι ικανοποιητική ειδικά στις μεγάλες τιμές. Υπάρχουν δυο κατηγορίες, τα ωμόμετρα σειράς τα οποία χρησιμοποιούνται για μέτρηση υψηλών τιμών. αντιστάσεων και, τα παράλληλα ωμόμετρα που χρησιμοποιούνται για τις χαμηλές τιμές. Γενικά τα αναλογικά ωμόμετρα έχουν αντικατασταθεί από τα ψηφιακά και δεν χρησιμοποιούνται συχνά. Στο εργαστήριο θα χρησιμοποιούμε μόνο ψηφιακά ωμόμετρα στα οποία η κλίμακα τους είναι αυτόματη .

ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΟ



Αναλογικό γαλβανόμετρο GANZ GK .

Το γαλβανόμετρο είναι βολτόμετρο με πολύ μεγάλη ευαισθησία. Η βελόνα που διαθέτει ισορροπεί στο κέντρο και αποκλίνει ανάλογα με την φορά του ρεύματος που το διαρρέει. Έχει ένα διακόπτη με πέντε θέσεις από τις οποίες οι τέσσερις (1 , 2 , 3 και 4) είναι για να ρυθμίζουμε την ευαισθησία του οργάνου και η πέμπτη θέση βραχυκυκλώνει τα άκρα του. Αν το βάλουμε σε αυτήν τη θέση το όργανο βγαίνει εκτός. Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα όπου χρειαζόμαστε μεγάλη ακρίβεια (π.χ. θα το χρησιμοποιήσουμε στην γέφυρα Γούνιστον) .

ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ



Ψηφιακό πολύμετρο VEMER VE 125.

Η πιο εξελιγμένη μορφή οργάνων είναι τα ψηφιακά όργανα τα οποία απεικονίζουν την τιμή του μεγέθους αριθμητικά. Τα πιο δημοφιλή είναι τα ψηφιακά πολύμετρα . Είναι

πρακτικά, ευέλικτα, εύχρηστα και αξιόπιστα. Μετρούν τάση, ένταση , αντίσταση, θερμοκρασία, συχνότητα, χωρητικότητα πυκνωτών, αυτεπαγωγή και οτιδήποτε άλλο υπάρχει με τη μορφή ηλεκτρικού σήματος . Υπάρχει πολύ μεγάλη γκάμα αυτών των οργάνων. Δεν έχουν όλα τις ίδιες δυνατότητες αλλά ακόμη και τα πιο απλά μετρούν τα τρία βασικά ηλεκτρικά μεγέθη (τάση, ένταση και αντίσταση) . Ο μικρός του όγκος και οι δυνατότητες που έχουν τα καθιστούν το δεξί χέρι ενός επαγγελματία τεχνίτη . Υπάρχει επιλεκτικός διακόπτης που τον βάζουμε στην ανάλογη θέση με το μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε. Πρέπει όμως να συνδέσουμε και τους κατάλληλους ακροδέκτες. Το συγκεκριμένο που χρησιμοποιούμε (VEMER VE 125) έχει τέσσερις ακροδέκτες. Η θέση COM (κοινός) συνδέεται πάντα. Στην δεξιά θέση όπου αναγράφεται VΩ συνδέουμε ακροδέκτη όταν μετράμε τάση ή αντίσταση. Στην αριστερή πάνω θέση όπου γράφει mA το συνδέουμε σαν αμπερόμετρο για μικρή τιμή του μεγέθους. Στην αριστερή κάτω θέση που γράφει 10A το συνδέουμε πάλι σαν αμπερόμετρο για την μέγιστη τιμή που μετρά το όργανο που είναι 10 A . Στο άνω αριστερό μέρος υπάρχει ένα μπουτόν (RANGE) από το οποίο θέτουμε το όργανο σε χειροκίνητες κλίμακες (δεν το χρησιμοποιούμε γιατί όταν ανοίγουμε το όργανο μπαίνει μόνο του στην αυτόματη κλίμακα) . Επίσης το πιέζουμε αν το πολύμετρο πέσει σε κατάσταση αναμονής για να

ξαναλειτουργήσει (αυτό συμβαίνει αν μείνει αρκετή ώρα ανοιχτό και αχρησιμοποιητό για εξοικονόμηση ενέργειας). **Ποτέ δεν περιστρέφουμε τον διακόπτη όταν το πολύμετρο είναι συνδεδεμένο σε ενεργό κύκλωμα .** Στα αναλογικά όργανα μπορούμε να το κάνουμε αλλά στα ψηφιακά απαγορεύεται αυστηρά διότι το όργανο είναι βέβαιο ότι θα υποστεί ζημιά ενδεχομένως μη επισκευάσιμη .

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ηλεκτροτεχνικά υλικά ονομάζονται τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις διάφορες εφαρμογές της ηλεκτρολογίας , όπως για την κατασκευή αγωγών , αντιστάσεων , επαφών, πυρήνων μετασχηματιστών , υλικών για την απαγωγή θερμότητας κλπ .

Όλα αυτά τα υλικά χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες : στα υλικά αγωγών , στα υλικά των ωμικών αντιστάσεων , στα μαγνητικά υλικά και στα μονωτικά υλικά .

ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΛΙΚΑ

Για την κατασκευή αγωγών και άλλων αγωγιμών εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται μέταλλα σε συμπαγή μορφή ή σε μορφή κραμάτων . Πρέπει να συνδυάζουν υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα , σκληρότητα , αντιδιαβρωτικότητα και μηχανική αντοχή . Ο χαλκός είναι το χρησιμότερο μέταλλο στην ηλεκτρολογία γιατί συνδυάζει χαμηλό κόστος και πολύ καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα . Το αλουμίνιο επίσης έχει υψηλή αγωγιμότητα στην διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος και στην θερμότητα . Χρησιμοποιείται στην κατασκευή αγωγών γραμμών μεταφοράς . Όταν βρεθεί στον αέρα οξειδώνεται επιφανειακά , το στρώμα όμως αυτό που δημιουργείται το προστατεύει από παραπέρα διάβρωση . Ο μόλυβδος , ο οποίος χρειάζεται προσοχή γιατί οι ενώσεις του είναι δηλητήρια . Χρησιμοποιείται στους συσσωρευτές και στα ηλεκτρόδια τους . Το νικέλιο το οποίο έχει υψηλή αντιδιαβρωτική συμπεριφορά και το συναντάμε σε επίστρωση άλλων μετάλλων για προστασία από διάβρωση .

Τα κράματα είναι τήγματα που αποτελούνται από δυο και περισσότερα μέταλλα . Η αναλογίες τους καθορίζουν τις ιδιότητες του κράματος . Γενικά έχουν μεγαλύτερη αντοχή και σκληρότητα από τα μέταλλα που τα συνθέτουν . Ο ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδαργύρου) από τον οποίο κατασκευάζονται διάφορα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα ,

υποδοχές , κοχλίες , δίσκοι κλπ. Κράματα χαλκού και κασσίτερου , για την κατασκευή ρευματοφόρων ελασμάτων . Άλλα κράματα χαλκού με ποικίλες εφαρμογές όπως ράγες , συλλέκτες , ηλεκτρόδια συγκόλλησης κλπ . Επίσης άλλα κράματα αλουμινίου για γραμμές μεταφοράς κλπ .

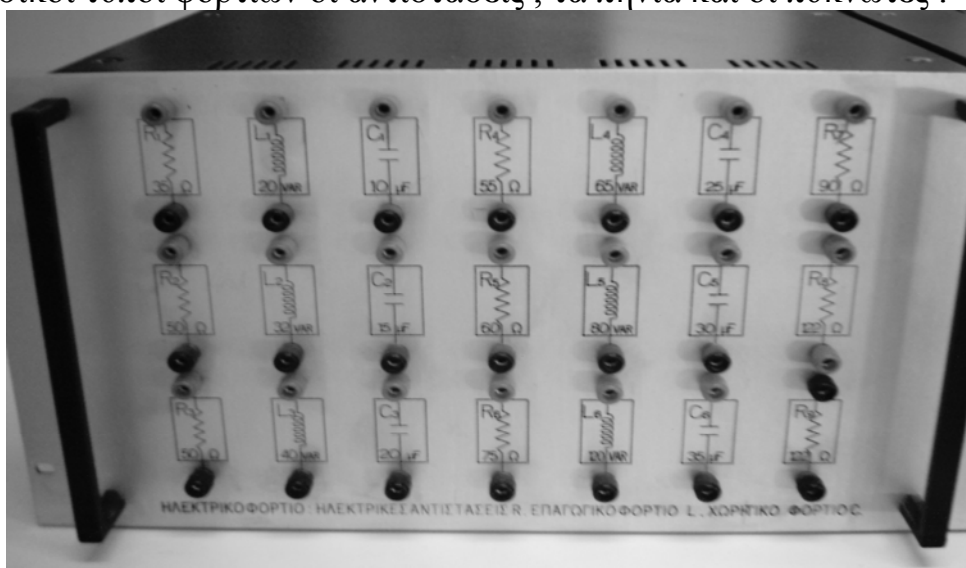
ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα μονωτικά υλικά είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος , δηλαδή δεν επιτρέπουν την διέλευση του . Βρίσκονται σε στερεή , υγρή και αέρια κατάσταση . Το γυαλί, ο αμίαντος, η μίκα και πολλά κεραμικά υλικά βρίσκουν άπειρες εφαρμογές για την προστασία από το ηλεκτρικό ρεύμα . Υπάρχουν και τα λεγόμενα οργανικά υλικά που η δομή τους είναι μοριακή . Δημιουργούνται θερμοπλαστικά και σκληροπλαστικά μονωτικά υλικά για επικάλυψη καλωδίων , μονωτικές ταινίες , τυπωμένων κυκλωμάτων , οικιακές συσκευές, μόνωση μεταξύ ηλεκτρονικών εξαρτημάτων , μόνωση κινητήρων και μετασχηματιστών με εμποτισμό κλπ .

ΦΟΡΤΙΑ



Οι καταναλώσεις που συνδέουμε στις ηλεκτρικές πηγές αποκαλούνται συχνά και φορτία. Οι τρεις βασικοί τύποι φορτίων οι αντιστάσεις , τα πηνία και οι πυκνωτές .



Κιβώτιο με ωμικά , επαγωγικά και χωρητικά φορτία για διεξαγωγή πειραμάτων και μετρήσεων .



Αυτόνομη μονάδα παροχής AC και DC τάσης με μεταβλητά φορτία .

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

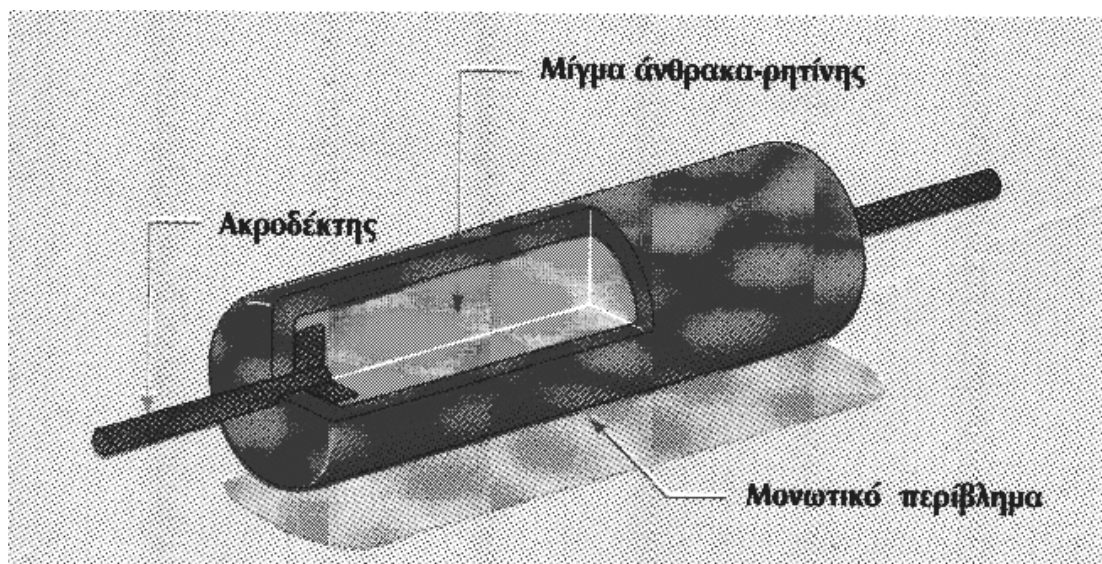
Οι ωμικές αντιστάσεις αποτελούν ένα από τα πιο συνηθισμένα εξαρτήματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Η μονάδα μέτρησης της τιμής μίας ωμικής αντίστασης (R) είναι το Ohm (Ω). Η ονομασία αυτή δόθηκε προς τιμήν του Γερμανού επιστήμονα George S. Ohm. Οι ωμικές αντιστάσεις κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, τύπους και χαρακτηριστικά, για κάθε κυκλωματική εφαρμογή.

Οι ωμικές αντιστάσεις συνήθως χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά κυκλώματα για δύο λόγους. Ο ένας λόγος είναι ο περιορισμός της ροής του ρεύματος μέσα σε ένα κύκλωμα. Η δεύτερη χρήση των ωμικών αντιστάσεων είναι η κατασκευή κατανομητών τάσης.

Χρησιμοποιώντας αντιστάσεις κατάλληλων τιμών, μπορεί να επιτευχθεί η οποιαδήποτε επιθυμητή τιμή τάσης .

Ωμικές Αντιστάσεις Σταθερής Τιμής

Οι ωμικές αντιστάσεις σταθερής τιμής υπάρχουν σε διάφορους τύπους. Ο περισσότερος συνηθισμένος τύπος είναι οι αντιστάσεις άνθρακα. Οι αντιστάσεις αυτές κατασκευάζονται από μίγμα γραφίτη με κάποια ρητίνη ως συνδετικό υλικό. Οι αναλογίες γραφίτη και ρητίνης καθορίζουν και την τιμή της ωμικής αντίστασης. Το μίγμα αυτό περικλείεται μέσα σε μία θήκη μη-αγώγιμου υλικού με μεταλλικούς ακροδέκτες . Οι ονομαστικές τιμές των ωμικών αντιστάσεων, συνήθως προσδιορίζονται από κάποιο χρωματικό κώδικα. Πολλές αντιστάσεις διαθέτουν έγχρωμες λωρίδες, για τον προσδιορισμό της ονομαστικής τιμής αντίστασης, της ανοχής και σε ορισμένες περιπτώσεις της αξιοπιστίας. Οι έγχρωμες λωρίδες αναπαριστούν αριθμούς . Το κάθε χρώμα έχει διαφορετική αριθμητική τιμή.

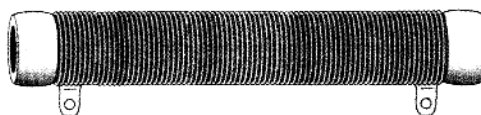


Δομή μιας ωμικής αντίστασης άνθρακα.

Οι αντιστάσεις άνθρακα είναι πολύ δημοφιλείς στις περισσότερες εφαρμογές, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους και της μεγάλης διαθεσιμότητας. Κατασκευάζονται σε τυποποιημένες τιμές και σε ονομαστική ισχύ. Η ονομαστική ισχύς μίας αντίστασης φαίνεται από το φυσικό της μέγεθος. Αν και οι αντιστάσεις άνθρακα διαθέτουν πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά, παρουσιάζουν όμως κάποιο σοβαρό μειονέκτημα, η τιμή τους μεταβάλλεται με τη γήρανση και την υπερθέρμανση. Γενικά, η τιμή των αντιστάσεων άνθρακα αυξάνεται αντί να μειώνεται.

Ένας άλλος τύπος αντιστάσεων σταθερής τιμής, οι οποίες κατασκευάζονται με παρόμοιο τρόπο είναι οι αντιστάσεις επίστρωσης άνθρακα. Οι αντιστάσεις αυτές κατασκευάζονται με επίστρωση της κεραμικής ράβδου με άνθρακα, αντί κάποιου μετάλλου. Οι αντιστάσεις επίστρωσης άνθρακα έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής από τις αντιστάσεις μεταλλικής επίστρωσης και παρουσιάζουν αυστηρότερες ανοχές από τις απλές αντιστάσεις άνθρακα.

Υπάρχουν επίσης οι αντιστάσεις μετάλλου - γυαλιού οι οποίες είναι παρεμφερείς με τις αντιστάσεις μεταλλικής επίστρωσης. Κατασκευάζονται από μίγμα μετάλλου και γυαλιού, το οποίο στη συνέχεια εφαρμόζεται πάνω σε μία κεραμική βάση. Η τιμή της αντίστασης καθορίζεται από την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου στο μίγμα μετάλλου. Οι συνήθεις ανοχές κυμαίνονται από 1 % έως 10 %.

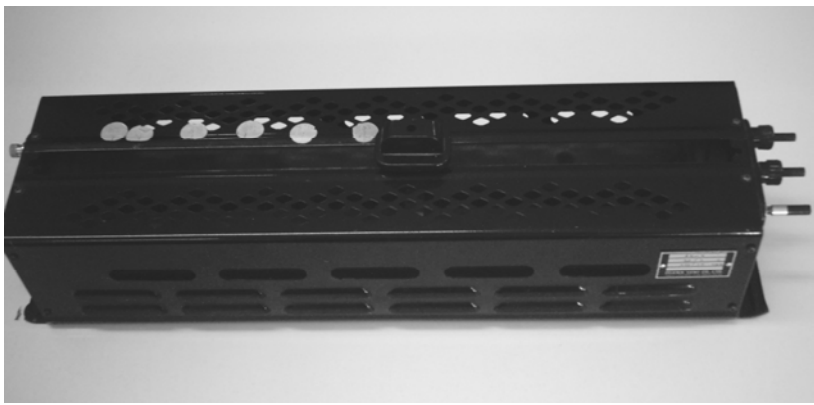


Αντίσταση σύρματος.

Οι αντιστάσεις σύρματος, κατασκευάζονται με την περιέλιξη σύρματος, γύρω από κάποιο κεραμικό πυρήνα. Η τιμή της αντίστασης προσδιορίζεται από τρεις παράγοντες:

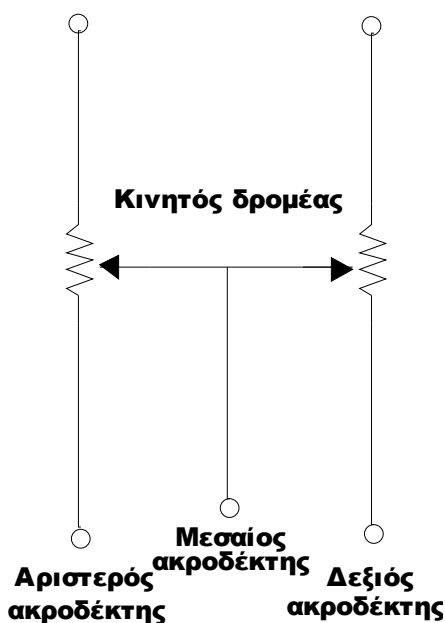
1. τον τύπο του υλικού του σύρματος
2. τη διάμετρο του σύρματος και
3. το μήκος του σύρματος

Ωμικές αντιστάσεις μεταβλητής τιμής



Διπλή μεταβλητή αντίσταση από 0 έως 250 Ω .

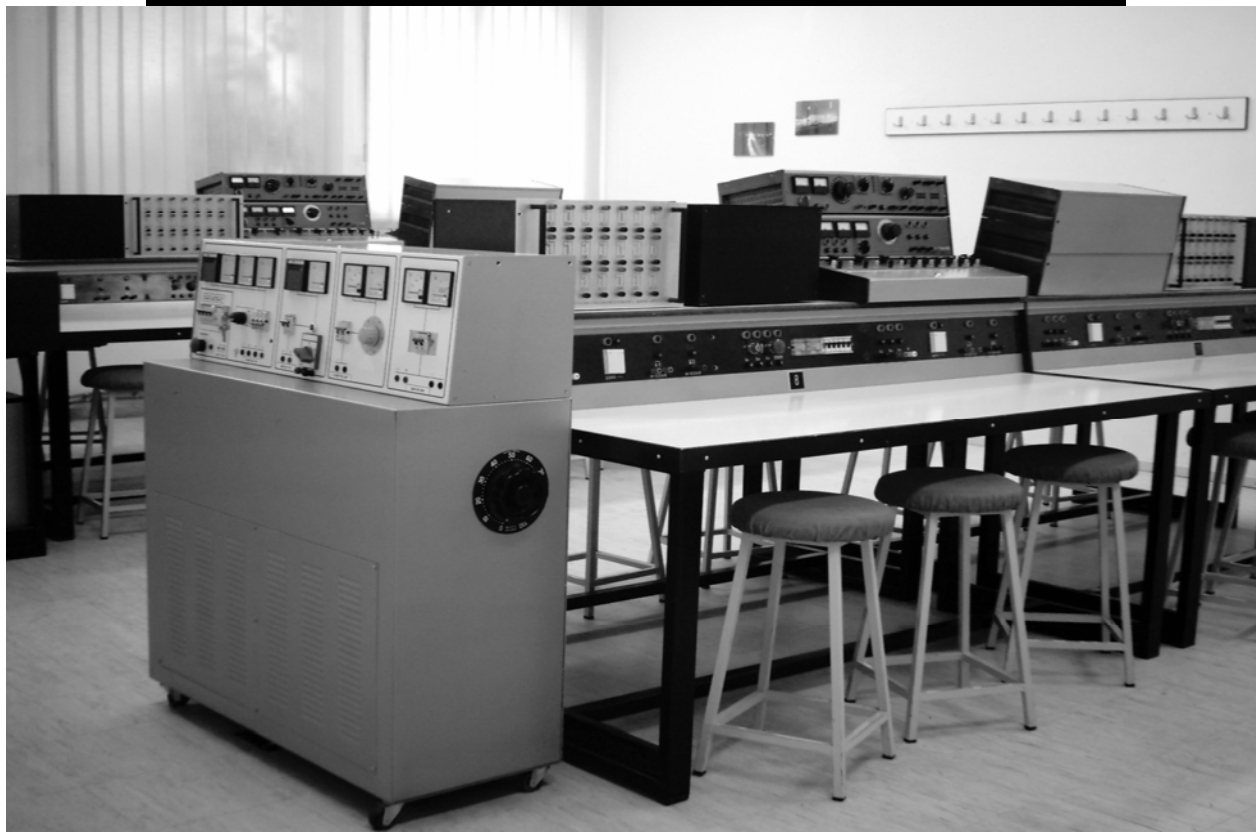
Στις μεταβλητές αντιστάσεις έχουμε την δυνατότητα να μεταβάλλουμε την τιμή της σε ένα συγκεκριμένο εύρος. Συναντώνται σε διάφορες μορφές και ονομαστικές τιμές ισχύος. Το ωμικό σύρμα είναι τυλιγμένο σε μια κυκλική διάταξη πάνω στην οποία ολισθαίνει ένας δρομέας . Η τιμή της αντίστασης ρυθμίζεται από την θέση του δρομέα. Αν η συνολική αντίσταση του σύρματος είναι 250 Ω μπορούμε να έχουμε τιμές από 0 έως 250 Ω . Στην συγκεκριμένη που θα χρησιμοποιούμε είναι διπλή και έχει τρία άκρα. Στο μεσαίο άκρο είναι συνδεδεμένος ο δρομέας ο οποίος ενώνεται με ένα άκρο από κάθε αντίσταση. Τα δεύτερα άκρα των δυο αντιστάσεων συνδέονται στο αριστερό και δεξί αντίστοιχα. Όταν ο δρομέας βρίσκεται στο τέρμα του προς το μέρος των ακροδεκτών η αντίσταση είναι μηδενική. Σύροντας τον, η αντίσταση αυξάνει ωσότου να τερματίσει όπου έχουμε την μέγιστη τιμή.



Εσωτερικό μεταβλητής αντίστασης .

Οι αντιστάσεις σύρματος συναντώνται σε διάφορα μεγέθη σχήματα και περιβλήματα. Γενικά, οι αντιστάσεις αυτές χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν απαιτήσεις υψηλής ισχύος. Οι αντιστάσεις σύρματος αντέχουν στις υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας από οποιονδήποτε άλλο τύπο . Τα μειονεκτήματα των αντιστάσεων σύρματος είναι ότι έχουν υψηλότερο κατασκευαστικό κόστος και απαιτούν μεγαλύτερο χώρο εγκατάστασης .

ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ



Στο εργαστήριο υπάρχουν δέκα πανομοιότυποι συμμετρικοί πάγκοι.

Ξεκινώντας από το αριστερό μέρος έχουμε πηγή μεταβαλλόμενης τριφασικής τάσης από 0 έως 380 V (L_1 = μαύρος ακροδέκτης , L_2 = κόκκινος ακροδέκτης , L_3 = πράσινος ακροδέκτης , N = άσπρος ακροδέκτης) . Στη συνέχεια έχουμε ένα ρευματοδότη σούκο με καπάκι (πρίζα) σταθερής τάσης 220 V AC τον οποίο χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να λειτουργήσουμε μια συσκευή. Οι επόμενοι δυο μπλε ακροδέκτες παρέχουν μεταβλητή εναλλασσόμενη τάση (A C) από 0 έως 220 V . Κατόπιν έχουμε πηγή συνεχούς τάσης (D C) όπου ο θετικός πόλος είναι ο κόκκινος ακροδέκτης (+) και ο αρνητικός το μαύρο (-) . Στο κέντρο υπάρχει ένα κλειδί διακόπτης από το οποίο στρέφοντας το δεξιά ενεργοποιούνται οι πηγές (εφόσον είναι ανοιχτός ο κεντρικός πάγκος τον οποίο χειρίζεται ο υπεύθυνος) . Ακριβώς δίπλα υπάρχει ένας κόκκινος διακόπτης ανάγκης σε μορφή μανιταριού , που αν το πιέσουμε απενεργοποιείται ο πάγκος και τον χρησιμοποιούμε σε περίπτωση που συμβεί κάτι στον συγκεκριμένο πάγκο. Στρέφοντας τον λίγο δεξιά επανέρχεται σε λειτουργία. Στο δεξί ήμισυ μέρος υπάρχουν οι ίδιες πηγές για το λόγο ότι είναι κατασκευασμένοι για δυο σπουδαστές. Στο πάνω μέρος των πάγκων υπάρχουν φορτία, μετασχηματιστές, αντιστάσεις, γεννήτριες τα οποία χρησιμοποιούμε σταδιακά

στην διεξαγωγή ασκήσεων. Συνίσταται να υπάρχει συνεργασία μεταξύ των σπουδαστών την στιγμή που παίρνουν μετρήσεις και να ενεργοποιούν τους πάγκους ταυτόχρονα. Αν δεν τηρείται αυτό έχουμε διακυμάνσεις στην τάση του δικτύου με αποτέλεσμα την δημιουργία σφαλμάτων.

ΑΣΚΗΣΗ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM

Ο Ohm ανακάλυψε ότι τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη εξαρτώνται το ένα από το άλλο και μπορούν να εκφραστούν με μαθηματικές σχέσεις. Βρήκε ότι αν η αντίσταση του κυκλώματος παραμένει σταθερή και η τάση αυξάνεται θα υπάρξει και μια ανάλογη αύξηση του ρεύματος . Επίσης βρήκε ότι αν τάση μένει σταθερή και η αντίσταση μειώνεται το ρεύμα αυξάνει . Με αυτά τα ευρήματα κατέληξε ότι σε ένα κύκλωμα το ρεύμα είναι ανάλογο της τάσης και αντιστρόφως ανάλογο της αντίστασης .

Η μαθηματική έκφραση είναι :

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

U = Τάση (Volt) , I = Ένταση (Ampere) , R = Αντίσταση (Ohm)

Νόμος του Ohm στις τρεις μορφές του :

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{ή} \quad U = I \cdot R \quad \text{ή} \quad R = \frac{U}{I}$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

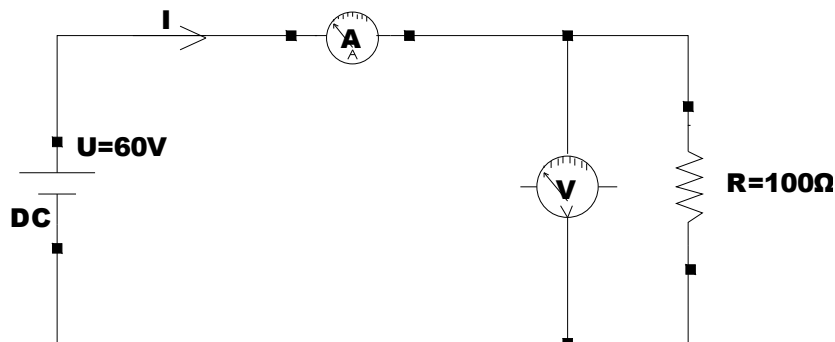
Απαιτούμενα υλικά : Ψηφιακό Ωμόμετρο , Αμπερόμετρο , Βολτόμετρο , Ωμικά φορτία και καλώδια .

Θα πάρουμε μετρήσεις για δυο διαφορετικές τιμές τάσης (60 V και 120 V) καθώς και για δυο διαφορετικές τιμές αντιστάσεων (100 Ω και 200 Ω) .

Αρχικά χρησιμοποιώντας το πολύμετρο σαν ωμόμετρο (**το οποίο δεν συνδέεται ποτέ σε κύκλωμα που βρίσκεται υπό τάση διότι είναι βέβαιο πως θα καταστραφεί**) ρυθμίζουμε την μεταβλητή αντίσταση να είναι 100 Ω .

$$R = 100 \text{ (} \Omega \text{)}$$

Συναρμολογούμε το ακόλουθο κύκλωμα χρησιμοποιώντας το βολτόμετρο το οποίο συνδέουμε στα άκρα του ωμικού φορτίου (αντίστασης) για να μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού στα άκρα του και το αμπερόμετρο για να μετρήσουμε την ένταση του κυκλώματος .



$$U_R = 60 \text{ (V)}$$

Καταγράφουμε τις ενδείξεις των οργάνων και εφαρμόζουμε τον νόμο του Ohm .

Επαναλαμβάνουμε τις ίδιες μετρήσεις αυξάνοντας την τάση της πηγής μας σε 120 V (το διπλάσιο) .

Πως συμπεριφέρθηκε το ρεύμα ;

Υπολογίζουμε σύμφωνα με το νόμο του Ohm την αντίσταση και συγκρίνουμε την τιμή της σε σχέση με την πρακτική μέτρηση που κάναμε αρχικά . Υπάρχει διαφορά ; Αν υπάρχει που πιστεύετε ότι οφείλεται . Γενικά υπάρχουν σφάλματα στις ηλεκτρικές μετρήσεις ; Που οφείλονται;

Ισχύει ο νόμος του Ohm ; Αν ισχύει , κατά πόσο προσεγγίζουμε μετρώντας με όργανα.

Επαναλαμβάνουμε όλες τις προηγούμενες μετρήσεις για ωμικό φορτίο 200Ω για να δούμε πως συμπεριφέρεται το ρεύμα αν διπλασιάσουμε την αντίσταση .

Επαναλαμβάνουμε όλες τις προηγούμενες μετρήσεις με ωμικό φορτίο λαμπτήρα πυρακτώσεως 100 W και 150 W .

Υπολογίστε το ρεύμα στο ίδιο κύκλωμα συμπληρώνοντας το στο φύλλο εργασίας μαζί με τα πορίσματα της άσκησης για $U=220\text{V}$ και $R=560\Omega$.

ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ.

1.Ισχύς –Ενέργεια.

Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από έναν καταναλωτή έχει σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια εκδηλώνεται με την παραγωγή έργου άλλης μορφής π.χ. θερμότητα, φως , κίνηση.

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε μια συσκευή συνεχούς ρεύματος δίνεται από την σχέση:

$$W = U \cdot I \cdot t \quad (1)$$

$$\text{Έργο} = \text{Τάση} * \text{Ένταση} * \text{Χρόνο}$$

Συνήθως όμως αυτό που μας ενδιαφέρει σε μία ηλεκτρική συσκευή δεν είναι η ποσότητα του ηλεκτρικού έργου που θα δαπανηθεί σε ακαθόριστο χρόνο , αλλά ο ρυθμός κατανάλωσης έργου ή ο ρυθμός ροής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ποσότητα αυτή χαρακτηρίζει την ισχύ και δίνεται από την σχέση

$$P = \frac{W}{t}$$

$$\text{Στον ηλεκτρισμό} \quad P = U \cdot I$$

Εάν, λοιπόν, σε μία αντίσταση R εφαρμόσουμε τάση U θα έχει σαν αποτέλεσμα την ροή ρεύματος σταθερής έντασης I . Στο συνεχές ρεύμα η τάση U ,η ένταση I και η ισχύς P , συναρτήσει του χρόνου παραμένουν σταθερές.

Καταναλωτές χαρακτηρίζονται οι ηλεκτρικές συσκευές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής όπως Θερμότητα – Μηχανική - Χημική κ.λ.π.

Η εξίσωση (1) έχει μεγάλη πρακτική σημασία και ισχύει για κάθε είδους κατανάλωση. Στην περίπτωση που η κατανάλωση είναι ωμική αντίσταση όλη η παρερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα .

2. Μονάδες Ισχύος και Ενέργειας

Στο σύστημα μονάδων **SI** μονάδα της ηλεκτρικής ισχύος είναι το Watt και ορίζεται από την εξίσωση (3) ως η ισχύς που καταναλίσκεται σε έναν αγωγό ο οποίος διαρρέετε από ρεύμα έντασης 1 (A) όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 1(V).

$$W : 1 \text{ mW} = 10^{-3} (\text{w})$$

$$1 \text{ KW} = 10^3 (\text{w})$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 (\text{w})$$

Μονάδα ηλεκτρικού έργου είναι το Watt · sec = Joule

Περισσότερο χρησιμοποιείται η μονάδα (Wh) Βατώρα ή Κιλοβατώρα (KWh).

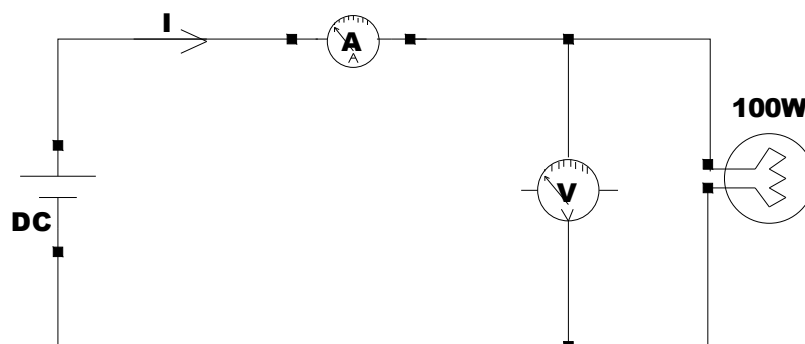
3. Μέτρηση Ισχύος

Από την σχέση $P = U \cdot I$ στο συνεχές ρεύμα είναι φανερό ότι για να μετρήσουμε την Ισχύ αρκεί ένα Αμπερόμετρο και ένα Βολτόμετρο για να μετρήσουμε την ένταση **I** και την τάση **U** (έμμεσος τρόπος) . Κατόπιν χρησιμοποιούμε βαττόμετρο (άμεσος τρόπος) στο οποίο μετράμε απευθείας την ισχύ και δεν την υπολογίζουμε όπως τον έμμεσο τρόπο. Το βαττόμετρο έχει δυο τυλίγματα ένα για την τάση και ένα για την ένταση και για να έχουμε ένδειξη πρέπει να συνδεθούν σωστά και τα δυο τυλίγματα .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

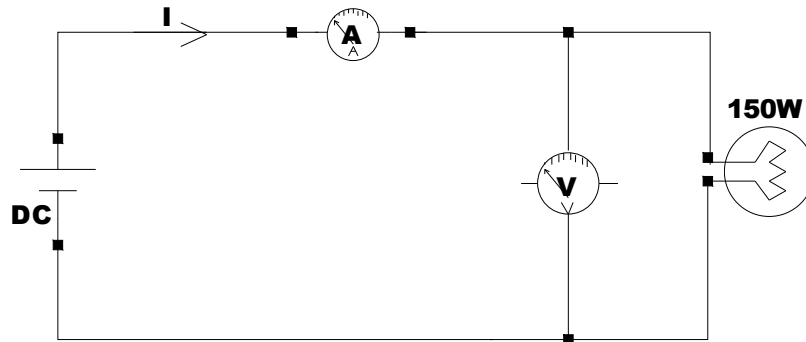
Απαιτούμενα υλικά : Αμπερόμετρο , Βολτόμετρο , Βαττόμετρο, Ωμικά φορτία (λαμπτήρες πυρακτώσεως) και καλώδια .

Εφαρμόζοντας τον έμμεσο τρόπο συναρμολογούμε το κύκλωμα και παίρνουμε τις μετρήσεις για $U=80 \text{ V}$ και κατόπιν για $U=120 \text{ V}$ με λαμπτήρα 100W.

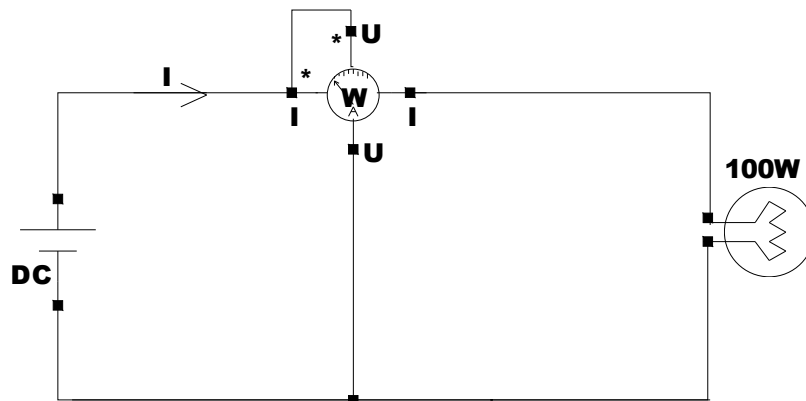


Υπολογίζουμε την ισχύ εφαρμόζοντας τον τύπο.

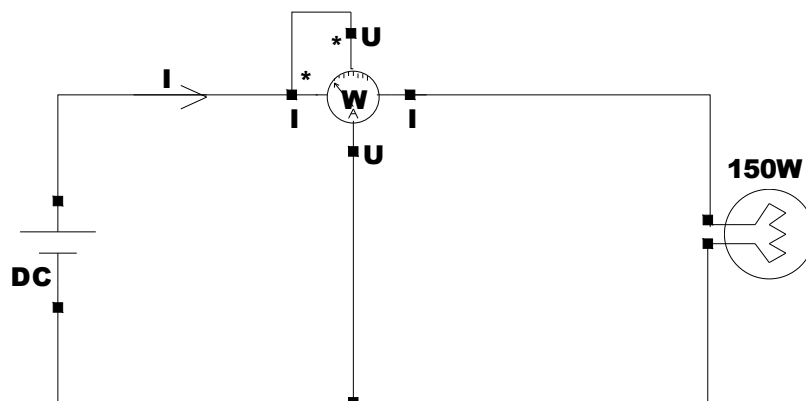
Υπάρχει διαφορά σύμφωνα με την ισχύ που αναγράφεται πάνω στο λαμπτήρα ;
 Αν υπάρχει που οφείλεται ;
 Επαναλάβεται για λαμπτήρα 150W .



Συναρμολογήστε το ακόλουθο κύκλωμα μετρώντας την ισχύ με βαττόμετρο (άμεσος τρόπος).



Επαναλάβεται για λαμπτήρα 150W .



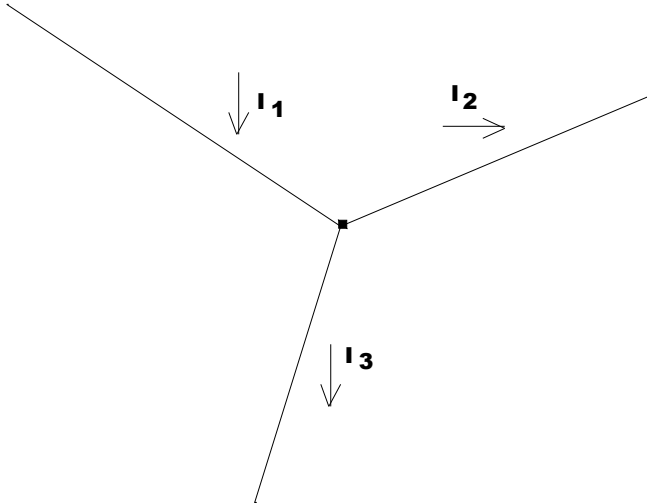
Συγκρίνεται τις δύο μεθόδους . Ποια θα θεωρούσατε πιο αξιόπιστη ;

NOMOI KIRCCOFF

Πέρα των απλών κυκλωμάτων υπάρχουν και τα σύνθετα . Για την επίλυση αυτών χρησιμοποιούμε τους νόμους του Kircchoff .

1^{ος} κανόνας (εντάσεων) . Σε ένα κόμβο όπου συνέρχονται αγωγοί οι οποίοι διαρρέονται από ηλεκτρικά ρεύματα το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων είναι μηδέν .

$$\Sigma i = 0$$

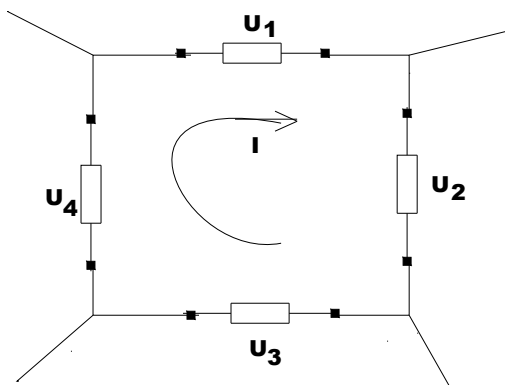


$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

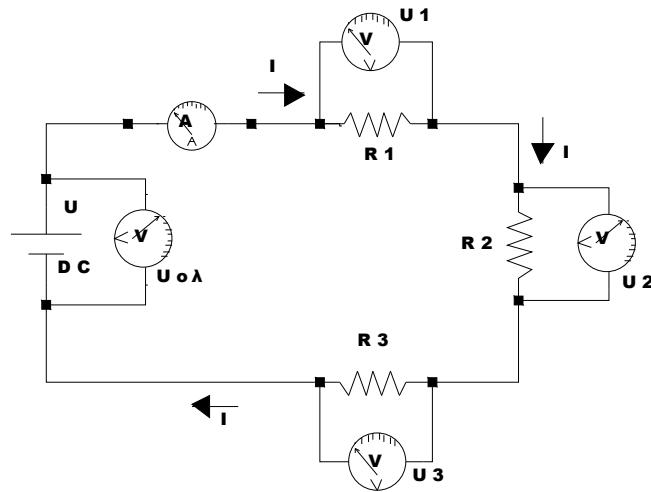
Τα ρεύμα που εισέρχεται στον κόμβο θεωρείται θετικό και λαμβάνει πρόσημο (+) και το ρεύμα που εκρέει θεωρείται αρνητικό και λαμβάνει πρόσημο (-) .

2ος κανόνας (τάσεων) . Το αλγεβρικό άθροισμα των τάσεων σε κάθε βρόχο ενός κυκλώματος ισούται με το μηδέν .

$$\Sigma u = 0$$



$$U_1 - U_2 + U_3 - U_4 = 0$$

ΣΥΝΘΕΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΕΙΡΑΣ**

Κύκλωμα σειράς με τρεις αντιστάσεις συνδεδεμένες σε πηγή D C .

Όταν λέμε ότι οποιαδήποτε φορτία είναι συνδεδεμένα σε σειρά εννοούμε ότι το τέλος του ενός , είναι η αρχή του άλλου χωρίς να παρεμβάλλεται τίποτε άλλο μεταξύ τους . Στο πιο πάνω κύκλωμα έχουμε μια πηγή DC και τρεις αντιστάσεις συνδεδεμένες έτσι ώστε να σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο .

Ένα κύκλωμα σειράς παρέχει μια και μοναδική διαδρομή ροής του ηλεκτρικού ρεύματος. Σε οποιοδήποτε σημείο η ένταση είναι η ίδια . Συνεπώς :

$$I_{ολ} = I_1 = I_2 = I_3$$

Η τάση της πηγής είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους πτώσεων τάσης πάνω στις αντιστάσεις .

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + U_3$$

(Εκτός αν $R_1 = R_2 = R_3$ τότε $U_1 = U_2 = U_3$)

Η τάση της πηγής είναι : $U = U_1 + U_2 + U_3$ ή $U - U_1 - U_2 - U_3 = 0$

Ισχύει πάντα ο νόμος του Ohm και αν αντικαταστήσουμε στην προηγούμενη σχέση έχουμε :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \Rightarrow I \cdot R_{ολ} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \Rightarrow$$

$$I \cdot R_{ολ} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \Rightarrow \mathbf{R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3}$$

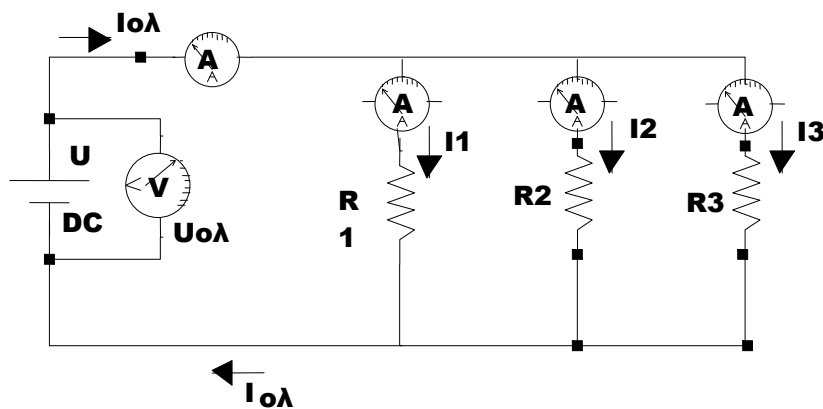
Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όταν έχουμε αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά και θέλουμε να βρούμε την ισοδύναμη τους αυτή είναι ίση με το αλγεβρικό τους άθροισμα .

Οι τρεις βασικοί κανόνες που χαρακτηρίζουν ένα κύκλωμα σειράς είναι :

- 1) Το ρεύμα είναι το ίδιο σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος .
- 2) Η συνολική αντίσταση ισούται με το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων .
- 3) Η εφαρμοζόμενη τάση στο κύκλωμα ισούται με το άθροισμα των πτώσεων τάσης σε κάθε αντίσταση .

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Στα παράλληλα κυκλώματα το ένα άκρο κάθε φορτίου είναι συνδεδεμένο σε ένα κοινό κόμβο και το δεύτερο άκρο είναι συνδεδεμένο σε ένα δεύτερο κοινό κόμβο .



Τα παράλληλα κυκλώματα χαρακτηρίζονται από την ίδια τάση που επικρατεί στα άκρα όλων των αντιστάσεων .

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Η ένταση είναι διαφορετική :

$$I_{ολ} \neq I_1 \neq I_2 \neq I_3$$

(Εκτός αν $R_1 = R_2 = R_3$ τότε $I_1 = I_2 = I_3$)

Το ολικό ρεύμα είναι : $I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3$ ή $I_{ολ} - I_1 - I_2 - I_3 = 0$

Αντικαθιστώντας στην πιο πάνω σχέση σύμφωνα με το νόμο του Ohm θα έχουμε :

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \Rightarrow$$

$$U \cdot \frac{1}{R_{ολ}} = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \Rightarrow \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Αν θεωρήσουμε ότι έχουμε δύο μόνο αντιστάσεις σε παράλληλη σύνδεση τότε ισχύει και ο ακόλουθος τύπος :

$$R_{ολ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Έστω } R_1 = R_2 \quad \text{τότε} \quad R_{ολ} = \frac{R_1}{2}$$

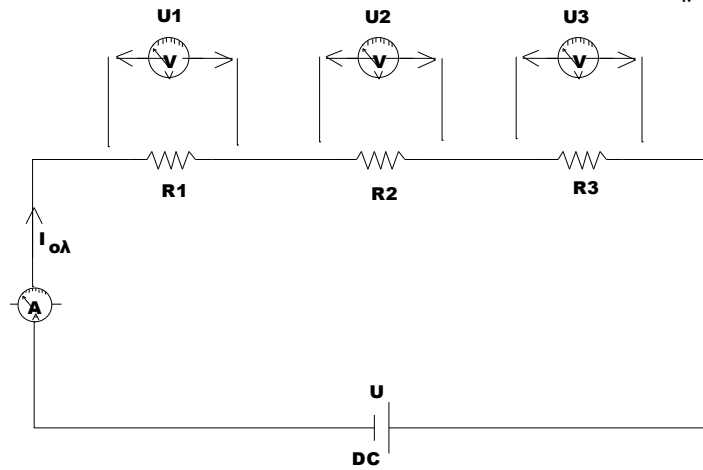
Από τις πιο πάνω σχέσεις βρίσκουμε την ισοδύναμη ολική αντίσταση σε ένα παράλληλο κύκλωμα .

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Απαιτούμενα υλικά : Ψηφιακό πολύμετρο , αμπερόμετρο , βολτόμετρο , αντιστάσεις από το κιβώτιο με τα φορτία και καλώδια .

Να μετρηθούν με το ωμόμετρο οι αντιστάσεις : $R_1 =$, $R_2 =$, $R_3 =$.

Συναρμολογούμε το ακόλουθο κύκλωμα (σειράς) .



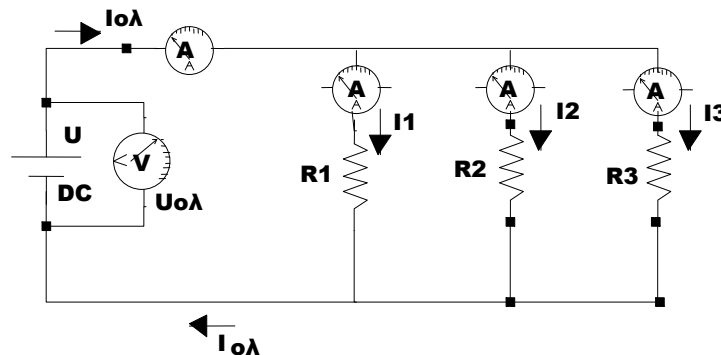
Η τάση της πηγής είναι $U = 100 \text{ V}$.

Να μετρηθούν :

Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα , η τάση της πηγής καθώς και η πτώση τάσης πάνω σε κάθε αντίσταση . Ισχύει ο δεύτερος κανόνας ;

Επαληθεύστε με ωμόμετρο για την $R_{ολ}$ αφού την υπολογίσετε .

Συναρμολογούμε το ακόλουθο κύκλωμα (παράλληλο) :

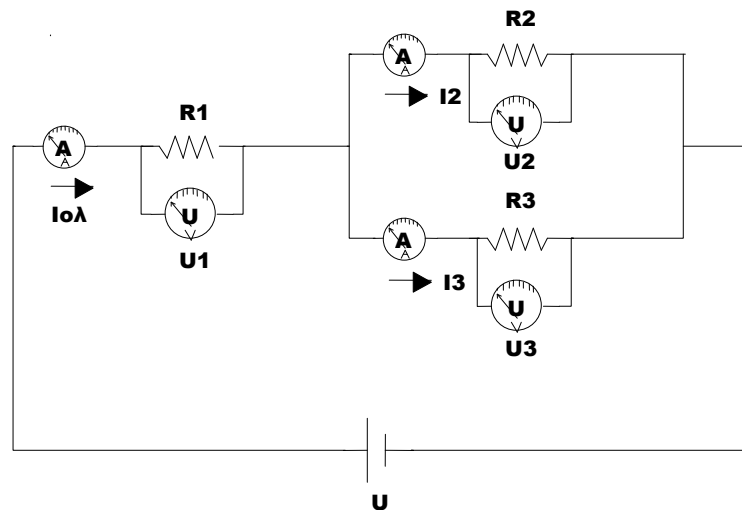


Για τις ίδιες τιμές αντιστάσεων να μετρηθούν όλα τα ρεύματα και όλες οι τάσεις . Η τάση της πηγής παραμένει 100 V . Τι παρατηρείται . Ισχύει ο πρώτος κανόνας ; Επαληθεύστε με ωμόμετρο για την $R_{ολ}$ αφού την υπολογίσετε . Τι διαφορές παρατηρείται στα δυο κυκλώματα εφόσον έχουμε την ίδια τάση και χρησιμοποιούμε τις ίδιες τιμές αντιστάσεων .

Υπολογίστε τα ίδια μεγέθη σε ένα κύκλωμα σειράς και ένα παράλληλο για $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,7 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 4,7 \text{ k}\Omega$. Η τάση της πηγής να είναι $U = 60 \text{ V}$.

ΑΣΚΗΣΗ ΝΟΜΟΣ OHM-KANONEΣ KIRCHHOFF**ΜΙΚΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ****Σκοπός του εργαστηρίου.**

Είναι η πειραματική εφαρμογή του νόμου του Ohm και των δύο κανόνων του Kirchhoff καθώς επίσης και οι τρόποι σύνδεσης αντιστάσεων σε ένα μικτό κύκλωμα .



1. Να μετρηθούν με το ωμόμετρο οι αντιστάσεις : $R_1 =$, $R_2 =$, $R_3 =$

Συνδέστε τις αντιστάσεις όπως στο σχήμα .

Η τάση της πηγής να είναι $U = 100 \text{ V}$

Να μετρηθούν :

1. Η ολική αντίσταση $R_{ολ} =$ (Μετράμε με ωμόμετρο χωρίς το κύκλωμα να είναι συνδεδεμένο στην πηγή) .

2. Τα ρεύματα : $I_{ολ} =$, $I_2 =$, $I_3 =$.

3. Οι τάσεις : $U_1 =$, $U_2 =$, $U_3 =$, $U =$.

Να υπολογιστούν $R_1 =$, $R_2 =$, $R_3 =$, $R_{ολ} =$.

$P_1 =$, $P_2 =$, $P_3 =$, $P_{ολ} =$.

Υπόδειξη : ($P_{ολ} = P_1 + P_2 + P_3$ ή $P_{ολ} = U \cdot I_{ολ}$)

Να ελεγχθεί αν στο κύκλωμα ισχύει ο πρώτος και δεύτερος κανόνας του Kirchhoff.

Να αιτιολογηθούν τυχόν αποκλίσεις.

Υπολογίστε τα ίδια μεγέθη στο φύλλο εργασίας αν $U = 50 \text{ V}$, $I_{ολ} = 20 \text{ mA}$, $I_3 = 12 \text{ mA}$ και $U_1 = 22 \text{ V}$.

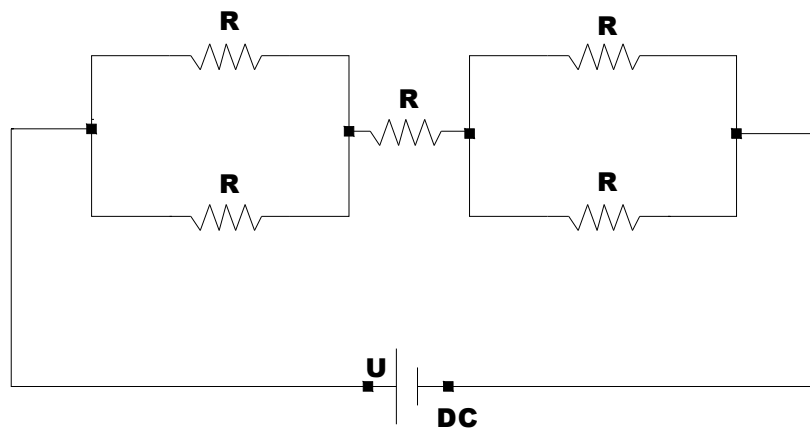
ΑΣΚΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΩΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Σκοπός της άσκησης είναι η εξάσκηση των σπουδαστών ώστε να αποκτήσουν ευχέρεια στις συνδεσμολογίες .

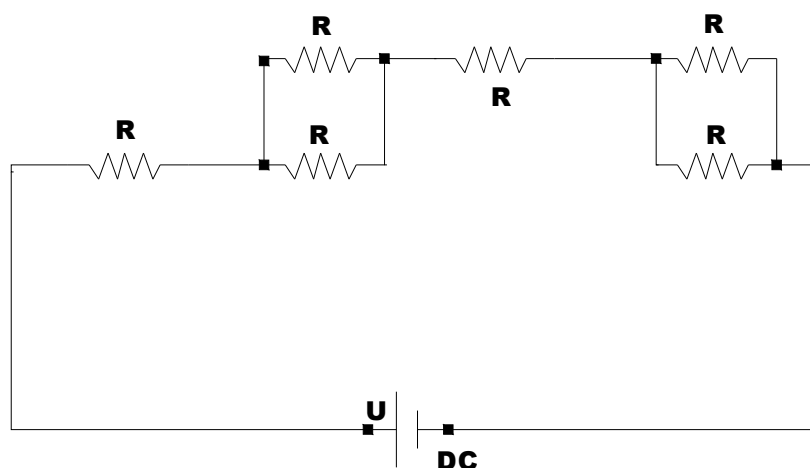
Συναρμολογήστε τα ακόλουθα κυκλώματα και καταγράψτε την τάση , την ένταση και την ισχύ για κάθε φορτίο .

Επιλέξτε αντιστάσεις από το κιβώτιο δικής σας προτίμησης .

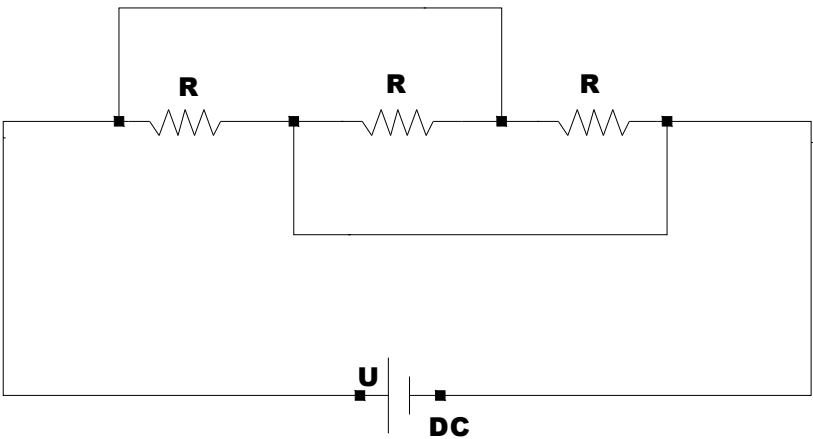
Η τάση της πηγής να είναι $U = 100 \text{ V}$.



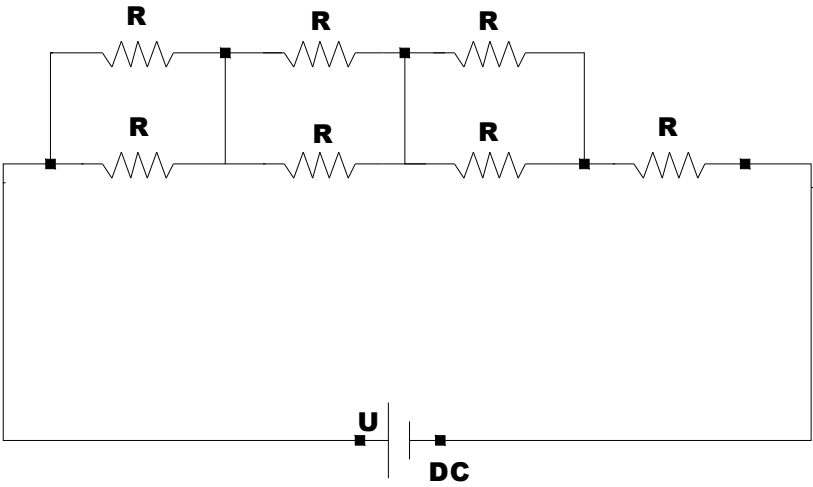
α)



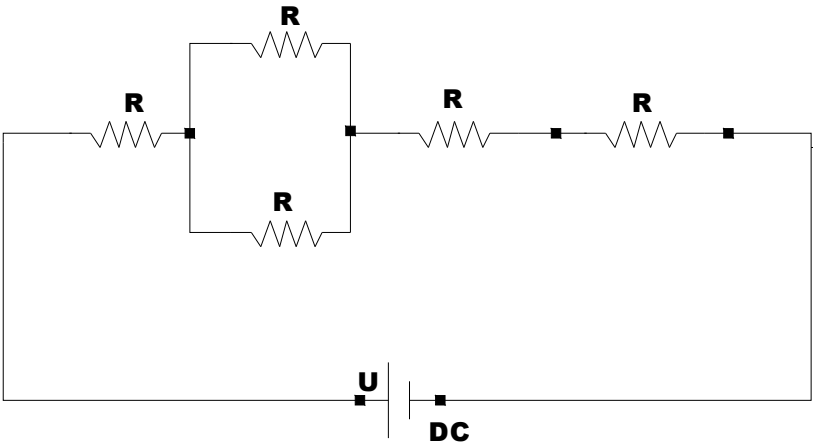
β)



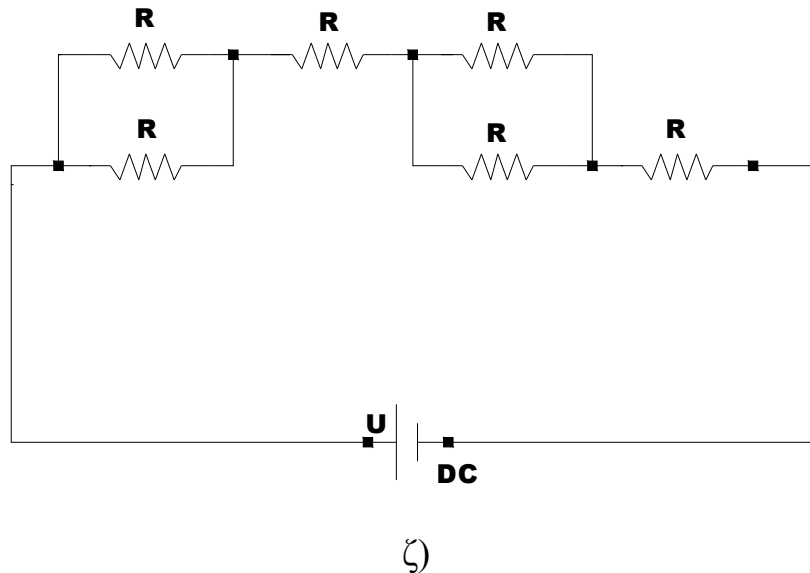
γ)



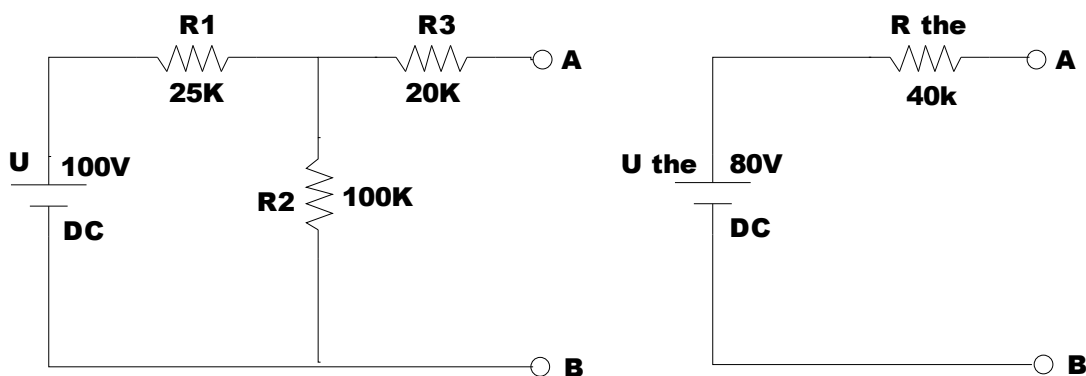
δ)



ε)



ΘΕΩΡΗΜΑ THEVENIN



Το κύκλωμα του σχήματος (α) τοποθετείται σε ένα σφραγισμένο κουτί έτσι ώστε τα δυο άκρα A και B να εκτίθενται. Μη γνωρίζοντας το περιεχόμενο του κουτιού θα προσπαθήσουμε να βρούμε το περιεχόμενο του με ηλεκτρικές μετρήσεις.

A) Συνδέω ένα βολτόμετρο στα άκρα A και B .

Το βολτόμετρο θα μας δείξει ότι το κουτί περιέχει μια πηγή τάσης U και επειδή η αντίσταση του βολτομέτρου (R_v) είναι πολύ μεγάλη , (το βολτόμετρο πρακτικά απορροφά μηδενικό ρεύμα από την πηγή) και δείχνει την τάση ανοιχτού κυκλώματος $U_{AB}=80V$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{100 V}{125 K\Omega} = 0,0008 A$$

Έτσι ρεύμα ρέει μόνο στον κλάδο A και το ρεύμα αυτό είναι $I = 0,0008 (A)$. Άρα με την τοποθέτηση του βολτομέτρου με πολύ μεγάλη αντίσταση $R_v = \text{άπειρο}$ η U_{AB} είναι 80 V.

Β) Τοποθετώ αμπερόμετρο στα άκρα ΑΒ.

Το αμπερόμετρο παρουσιάζει αμελητέα εσωτερική αντίσταση ($R_A \approx 0$)

$$R_{eq} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{100 \cdot 20}{100 + 20} = 16,666 \text{K}\Omega$$

$$R_{ολ} = 25 \text{K}\Omega + 16,666 \text{K}\Omega = 41,666 \text{K}\Omega$$

$$I_{ολ} = \frac{U}{R} = \frac{100}{41666} = 0,0024 \text{A} \quad \text{ή} \quad I = 2,4 \text{mA}$$

$$U_1 = I_{ολ} \cdot R_1 = 0,0024 \cdot 25000 = 60 \text{V}$$

$$U_{eq} = E - U_1 = 100 - 60 = 40 \text{V}$$

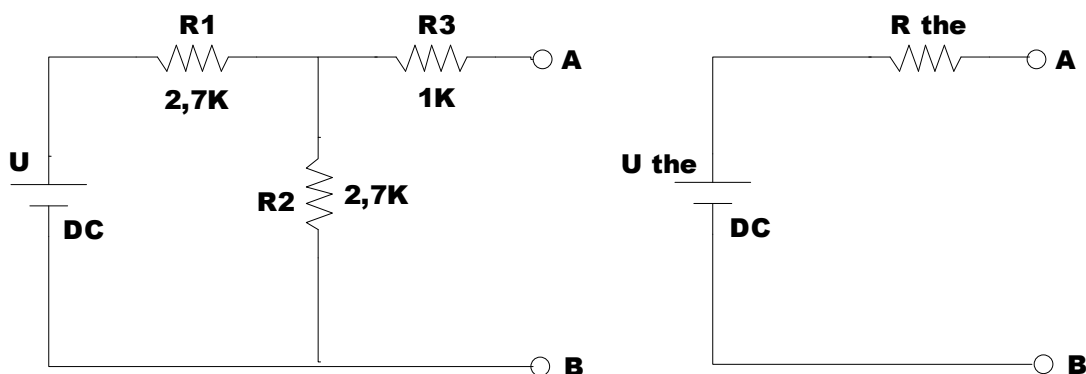
$$U_{eq} = U_2 = U_3 = 40 \text{V}$$

Το Αμπερόμετρο λοιπόν, θα δείξει : $I = \frac{U_{eq}}{R_3} = \frac{40}{2000} = 0,002 \text{A}$

Ο Thevenin διατύπωσε το θεώρημά του ως εξής:

Οποιοδήποτε δικτύωμα δύο άκρων με σταθερές αντιστάσεις και πηγές τάσεων, μπορεί να αντικατασταθεί από μια μόνο πηγή τάσεως U που ισοδυναμεί με τάση ανοιχτού κυκλώματος ($U_{THE.}$) στα άκρα ΑΒ του αρχικού δικτύωματος και που έχει εσωτερική αντίσταση R_{THE} ίση με την αντίσταση που βλέπουμε στο δίκτυωμα από τα άκρα ΑΒ με όλες τις πηγές βραχυκυκλωμένες .

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ



1. Να μετρήσετε με Ωμόμετρο.

$R_1 =$, $R_2 =$, $R_3 =$.

2. $E = 100V$

3. Να κατασκευάσετε το παραπάνω κύκλωμα με τις αντιστάσεις και την πηγή U .

2. Τοποθετήστε Βολτόμετρο στα άκρα AB ,ανοίξτε το κύκλωμα και μετρήστε:

$U_{AB} =$ $U_{THE} =$ (V).

5. Αποσυνδέστε το βολτόμετρο και συνδέστε το αμπερόμετρο στα άκρα AB .

$I =$ (A).

Να υπολογίσετε:

1.Την U_{THE} και να την συγκρίνετε με το με αυτήν που μέτρησε το βολτόμετρο.

2.Το ρεύμα I_{AB} που μετρήσατε με το αμπερόμετρο.

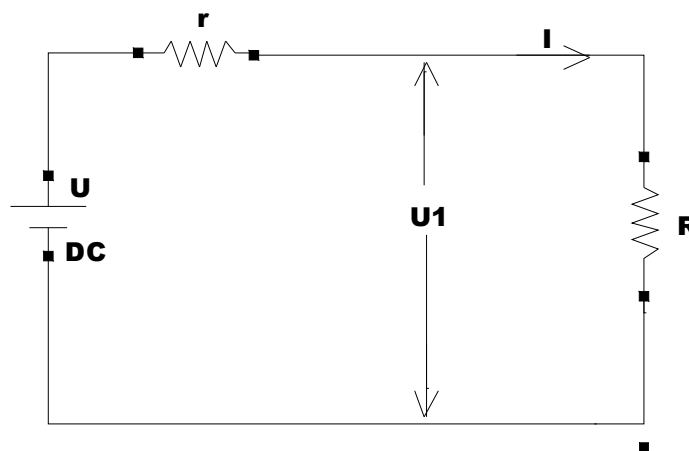
3.Να κατασκευάσετε το ισοδύναμο κύκλωμα U_{THE} .

4.ΘΕΩΡΗΜΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Το θεώρημα της μέγιστης μεταφοράς ισχύος λέει ότι , η ισχύς που μεταφέρεται από μια πηγή σε μια κατανάλωση είναι μέγιστη όταν η αντίσταση του φορτίου είναι ίση με την εσωτερική αντίσταση της πηγής .

Μεταφέροντας το θεώρημα σε γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας , θεωρούμε ότι η πηγή U τροφοδοτεί την κατανάλωση R και η γραμμή μεταφοράς παρουσιάζει αντίσταση r .

U είναι η ισοδύναμη τάση της πηγής.



Σχήμα 6

Η ισχύς της κατανάλωσης R είναι :

$$P = U_1 \cdot I$$

$$U_1 = U - I \cdot r$$

$$P = (U - I \cdot r) \cdot I$$

$$P = U \cdot I - I^2 \cdot r \quad (7)$$

Για να βρούμε το ρεύμα κατά το οποίο η ισχύς P είναι μέγιστη , διαφορίζουμε την εξίσωση (7) και την εξισώνουμε με το μηδέν.

$$\frac{dP}{dI} = 0 \Rightarrow \frac{dP}{dI} = U - 2Ir = 0 \Rightarrow I = \frac{U}{2r} \quad r = \text{σταθερά.}$$

Εάν αντικαταστήσουμε το I με $I = \frac{U}{R+r}$ (αφού $R_{ολ} = R + r$)

$$\frac{U}{2r} = \frac{U}{R+r} \Rightarrow R = r$$

Απόδοση μεταφοράς ισχύος ονομάζουμε τον λόγο:

$$n = \frac{\text{ισχύς εξόδου}}{\text{ισχύς εισόδου}} = \frac{P}{p_{\pi}} = \frac{U_1 \cdot I}{U \cdot I} = \frac{R \cdot I}{(R+r) \cdot I} = \frac{R}{R+r}$$

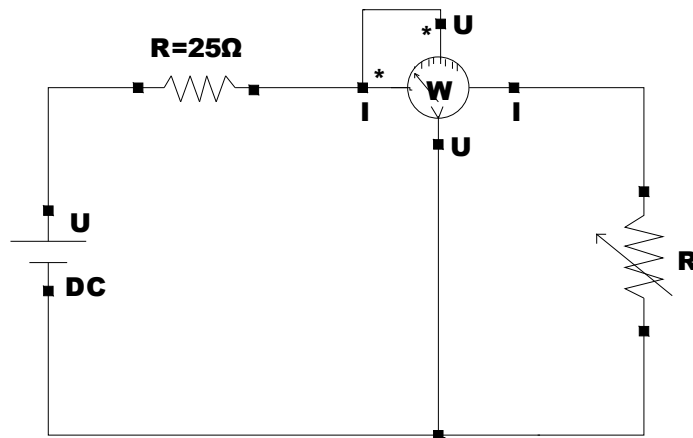
Εάν $R=r$ τότε $n = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2} = 50\%$

Όπως βλέπουμε η απόδοση μεταφοράς ισχύος είναι μόνο 50% όταν

$P = P_{\max}$ και τείνει προς το $R = 100\%$ όσον η R γίνεται μεγαλύτερη σε σχέση με την r . Όταν τα φορτία που μεταφέρουμε είναι μεγάλα έχει μεγαλύτερη σημασία η απόδοση μεταφοράς n . Όταν τα φορτία είναι μικρά (τηλεπικοινωνίες κ.λ.π.) μεγαλύτερη σημασία έχει η μέγιστη ισχύς εξόδου P και η απόδοση θα είναι $n=50\%$.

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Να γίνει το παρακάτω κύκλωμα.
2. Η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι $r = 25 \Omega$ (σταθερά) .
3. Διατηρώντας σταθερά την εσωτερική αντίσταση r της πηγής μεταβάλλεται την αντίσταση του φορτίου R όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και να πάρετε αντίστοιχα τις τιμές ισχύος P στην αντίσταση R .



4. Να πάρετε τις παρακάτω τιμές της R (Ω).

$R(\Omega)$	10	15	20	25	30	35	40
$P(W)$							

5. Να κατασκευάσετε την γραφική παράσταση $P = f(R)$.

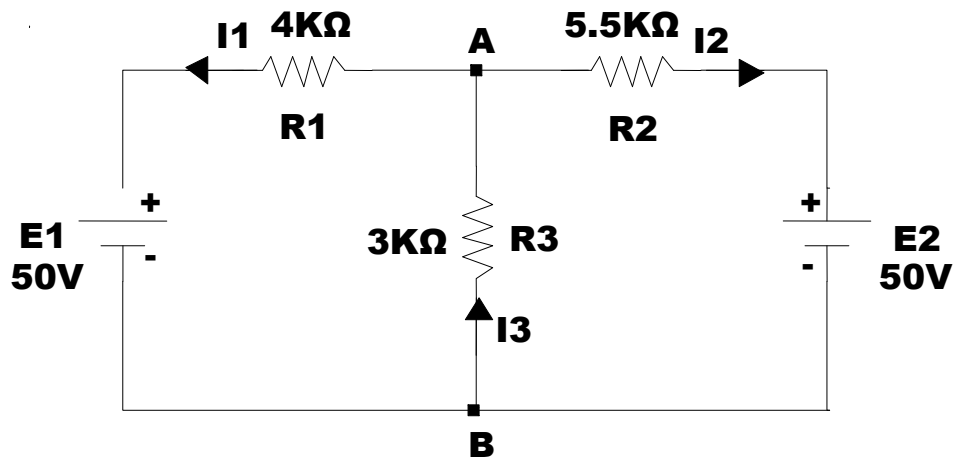
ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΘΕΣΗΣ

Σε ένα γραμμικό σύστημα πολλές αιτίες που επιδρούν ταυτόχρονα παράγουν ένα αποτέλεσμα που είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους αποτελεσμάτων.

Συναρμολογήστε το κύκλωμα:

(Προσοχή στην πολικότητα της πηγής . Μαύρος ακροδέκτης = (-)

Κόκκινος ακροδέκτης = (+)



Σχήμα 1.

Συμπληρώστε τους πίνακες παίρνοντας τις μετρήσεις.

Δίνονται: $E_1=50V(DC)$ και $E_2=50V(DC)$

Μεγέθη	E_1	E_2	I_1	I_2	I_3
Μετρήσεις					

Μεγέθη	$R'_{ολ}$	$R''_{ολ}$	U_1	U_2	U_3
Μετρήσεις					

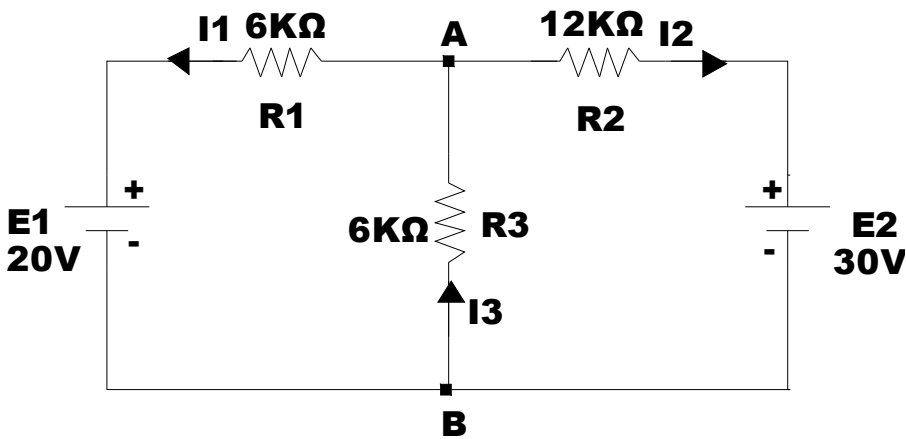
Κάντε τους υπολογισμούς και συγκρίνεται τα μεγέθη.

Μεγέθη	R'_{λ}	R''_{λ}	I'_1	I''_1	I'_2	I''_2	I'_3	I''_3
Μετρήσεις			-	-	-	-	-	-
Υπολογισμοί								

Μεγέθη	U'_1	U'_1	U'_2	U'_2	U'_3	U'_3
Μετρήσεις	-	-	-	-	-	-
Υπολογισμοί						

Μεγέθη	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3
Μετρήσεις						
Υπολογισμοί						

Υπολογίστε τα ίδια μεγέθη στο κύκλωμα του σχήματος 2.

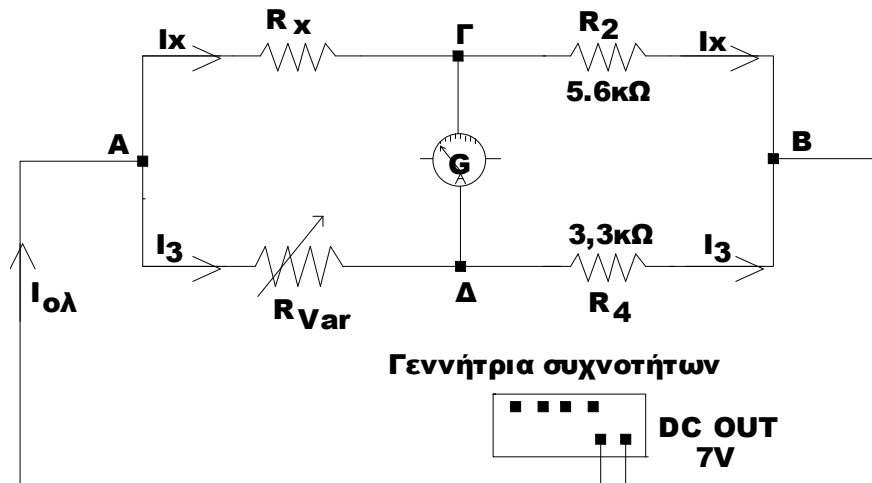


Σχήμα 2.

ΑΣΚΗΣΗ**ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΓΝΩΣΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE**

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη της γέφυρας καθώς και η μέτρηση μιας άγνωστης αντίστασης με αυτήν. Αποτελείται από τρεις γνωστές αντιστάσεις από τις οποίες η μια είναι μεταβλητή, από μια πηγή (γεννήτρια συχνοτήτων) και ένα γαλβανόμετρο

Η άγνωστη αντίσταση συνδέεται όπως φαίνεται στο σχήμα:



Όταν συνδέουμε την πηγή στο κύκλωμα τότε μέσα από το γαλβανόμετρο περνά ένα μικρό ρεύμα. Μπορούμε όμως με ρύθμιση των αντιστάσεων να μηδενίσουμε το ρεύμα στο γαλβανόμετρο. Τότε λέμε ότι η γέφυρα ισορροπεί.

Στην κατάσταση ισορροπίας δεν υπάρχει διαφορά δυναμικού μεταξύ των κόμβων Γ και Δ. Η πτώση τάσης στον κλάδο Α Γ ισούται με την πτώση τάσης στον κλάδο Α Δ. Δηλαδή:

$$V_{AG} = V_{AD} \quad \text{και} \quad R_x \cdot I_x = R_3 \cdot I_3$$

Στον κλάδο Γ Β η πτώση τάσης ισούται με την πτώση τάσης στον κλάδο Β Δ.

$$V_{GB} = V_{BD} \quad \text{και} \quad R_2 \cdot I_x = R_4 \cdot I_3$$

Αν διαιρέσουμε κατά μέλη τις προηγούμενες εξισώσεις έχουμε:

$$\frac{R_x \cdot I_x}{R_2 \cdot I_x} = \frac{R_3 \cdot I_3}{R_4 \cdot I_3} \Rightarrow \frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_x \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \Rightarrow$$

$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$$

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1) Εισαγωγή.....	σελ 1
2) Άτομα.....	σελ 2-5
3) Βασικά ηλεκτρικά μεγέθη.....	σελ 6-7
4) Όργανα μέτρησης.....	σελ 7-20
5) Ηλεκτροτεχνικά υλικά.....	σελ 20-24
6) Περιήγηση του εργαστηρίου.....	σελ 25
7) Νόμος του Ohm.....	σελ 26
8) Νόμοι Kirchhoff.....	σελ 15-16
9) Ισχύς στο DC.....	σελ 28
10) Νόμοι Kirchhoff.....	σελ 31
11) Κυκλώματα σειράς.....	σελ 32
12) Παράλληλα κυκλώματα.....	σελ 33
13) Μικτά κυκλώματα.....	σελ 36
14) Συνδεσμολογίες ωμικών φορτίων.....	σελ 37
15) Θεώρημα Thevenin.....	σελ 39
16) Θεώρημα μέγιστης μεταφοράς ισχύος.....	σελ 41
17) Θεώρημα της υπέρθεσης.....	σελ 44
18) Μέτρηση άγνωστης αντίστασης με γέφυρα Wheatstone.....	σελ 46

