

ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ & ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ Ι

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1^η
ΜΕΤΡΗΣΗ ΩΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

A. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι :

- η κατανόηση της λειτουργίας των οργάνων μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών και
- η κατανόηση της μέτρησης και της συνδεσμολογίας των αντιστάσεων

B. ΘΕΩΡΙΑ

B1. Εισαγωγή και βασικά όργανα.

Πολύμετρο είναι το όργανο το οποίο με την βοήθεια ενός επιλογέα, μπορεί να μετρήσει στο συνεχές ή στο εναλλασσόμενο τάση, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος και αντίσταση. Το πολύμετρο χαρακτηρίζεται από δύο μεγέθη :

- Την μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να περάσει μέσα από το όργανο, έτσι ώστε ο δείκτης να έχει την μεγαλύτερη απόκλιση και
- Την εσωτερική του αντίσταση (r) .

Όλα τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση βασικών ηλεκτρικών μεγεθών (τάση – διαφορά δυναμικού, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, αντίσταση) έχουν μία βασική αρχή λειτουργίας. Λειτουργούν ως ένα αμπερόμετρο, με χαρακτηριστικά στοιχεία τη μέγιστη απόκλιση του δείκτη του οργάνου και την εσωτερική τους αντίσταση.

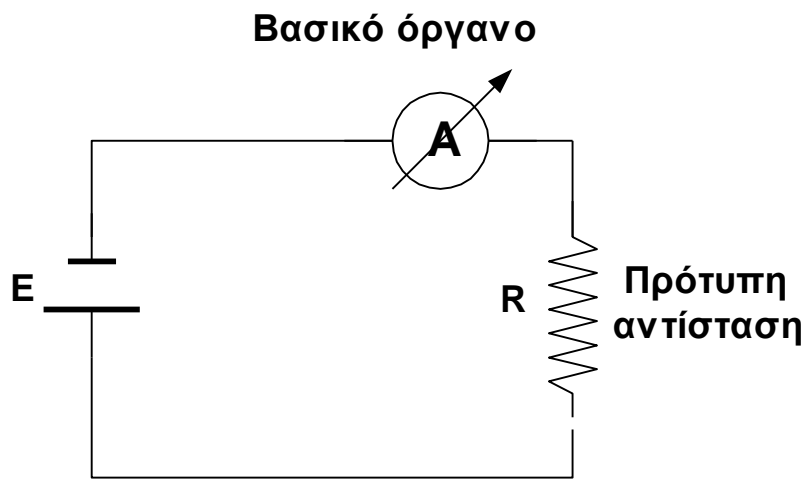
Το αμπερόμετρο είναι ένα βασικό όργανο το οποίο χαρακτηρίζεται από δύο μεγέθη :

- Την μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να περάσει μέσα από το όργανο, έτσι ώστε ο δείκτης να έχει την μεγαλύτερη απόκλιση και
- Την εσωτερική του αντίσταση (r) .

Τα δύο αυτά ηλεκτρικά μεγέθη καθορίζουν την μέγιστη εσωτερική πτώση τάσης του οργάνου, ή την μέγιστη τάση που πρέπει να εφαρμοστεί στα άκρα του αμπερομέτρου, έτσι ώστε η απόκλιση του δείκτη να είναι πλήρης. Η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κλάδο ενός κυκλώματος γίνεται παρεμβάλλοντας σε σειρά το αμπερόμετρο. Λόγω του ότι η παρεμβολή του οργάνου δεν πρέπει να αλλάζει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, η εσωτερική αντίσταση πρέπει να είναι ελάχιστη (μία ή δύο τάξεις μεγέθους μικρότερη από την αντίσταση του κυκλώματος). Η αύξηση της κλίμακας του οργάνου πραγματοποιείται συνδέοντας παράλληλα έναν άλλο ωμικό αντιστάτη. Ένα αμπερόμετρο με ορισμένο μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα, εάν χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση μεγαλύτερων ρευμάτων θα καταστραφεί.

Η μέτρηση της διαφοράς δυναμικού στα άκρα μιας αντίστασης γίνεται συνδέοντας το βολτόμετρο παράλληλα. Λόγω του ότι η σύνδεση του βολτομέτρου δεν πρέπει να επηρεάζει την προς μέτρηση διαφορά δυναμικού, η εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου πρέπει να είναι μεγάλη (μεγαλύτερη κατά μία ή δύο τάξεις μεγέθους από την αντίσταση του αντιστάτη στα άκρα του οποίου μετρείται η τάση). Η αύξηση της κλίμακας του βολτομέτρου πραγματοποιείται συνδέοντας ένα άλλο ωμικό αντιστάτη σε σειρά με το όργανο έτσι ώστε να υπάρξει πτώση τάσης.

Σαν ωμόμετρο (όργανο μέτρησης ωμικής αντίστασης ενός αντιστάτη), χρησιμοποιείται ένα αμπερόμετρο. Συνδέεται μία πηγή συνεχούς ρεύματος γνωστής ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) σε σειρά με το όργανο και τα δύο άκρα είναι ελεύθερα, έτσι ώστε να συνδέονται με τον προς μέτρηση ωμικό αντιστάτη. Εάν η αντίσταση είναι μικρή, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που την διαρρέει θα είναι μεγάλη, οπότε και η απόκλιση του δείκτη μεγάλη. Όταν όμως η αντίσταση είναι μεγάλη τότε η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος θα είναι μικρή, άρα και η απόκλιση του δείκτη μικρή. Γι' αυτό η βαθμονόμηση της κλίμακας των ωμομέτρων είναι αντίθετη από την κλίμακα των βολτομέτρων και αμπερομέτρων, δηλαδή η μέγιστη τιμή του ωμομέτρου αντιστοιχεί στο μηδέν για τα αμπερόμετρα και βολτόμετρα.



Σχήμα 1. Ωμόμετρο

Στο ηλεκτρικό αυτό κύκλωμα, η πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης E παρέχει τάση στο κύκλωμα, το οποίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος καθορίζεται από την ωμική αντίσταση (R) και την εσωτερική αντίσταση (r) του βασικού οργάνου οι οποίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους σε σειρά. Το βασικό όργανο δείχνει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Γνωρίζοντας την αντίσταση (R) για την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (ένδειξη του οργάνου), αντιστοιχούμε στην ένδειξη της έντασης την ένδειξη της αντίστασης.

Αντικαθιστώντας την (R) με μια άλλη π.χ. μικρότερης τιμής από την προηγούμενη, τότε η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος θα είναι μεγαλύτερη και ο δείκτης του οργάνου θα αποκλίνει περισσότερο (δηλαδή θα αποκλίνει δεξιότερα της κλίμακας).

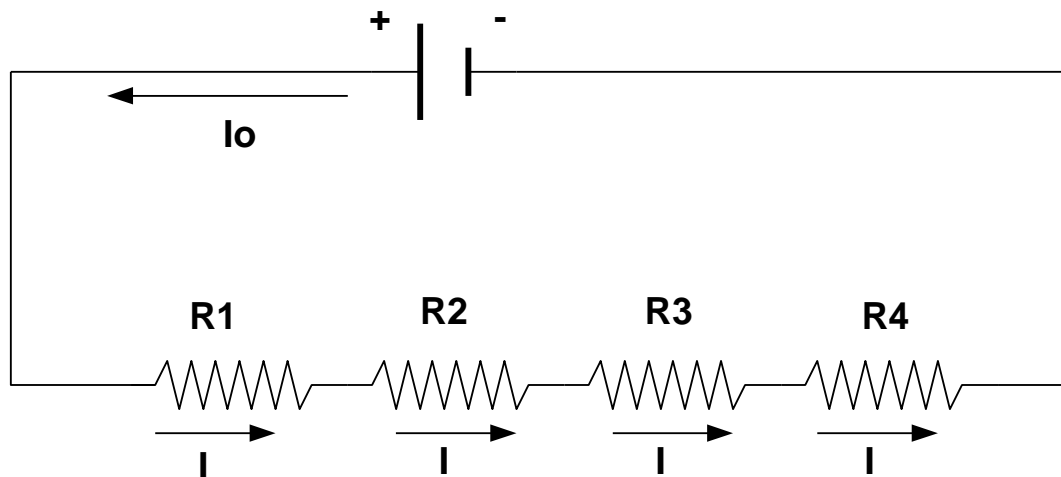
Συνδέοντας μια μεγαλύτερη αντίσταση, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος θα είναι μικρότερη και ο δείκτης θα αποκλίνει λιγότερο (η απόκλιση θα γίνει αριστερά της κλίμακας).

Χρησιμοποιώντας πολλές πρότυπες αντιστάσεις κατάλληλων τιμών (R) είναι εφικτή η βαθμολόγηση του βασικού οργάνου ως Ωμόμετρου, χαράσσοντας μία νέα κλίμακα, επάνω από την κλίμακα των ρευμάτων, η οποία τώρα θα μετρά αντιστάσεις. Η κλίμακα αυτή των αντιστάσεων δεν είναι γραμμική, ενώ είναι αντίθετη προς την κλίμακα των εντάσεων των ηλεκτρικών ρευμάτων. Δηλαδή στη μηδενική ένδειξη έντασης ηλεκτρικού ρεύματος αντιστοιχεί άπειρη τιμή αντίστασης. Αυτό συμβαίνει σε όλα τα αναλογικά ωμόμετρα λόγω του νόμου του Ohm.

B2. Μέτρηση αντίστασης – Συνδεσμολογία αντιστάσεων

B2.1. Συνδεσμολογία σε σειρά .

Για να δημιουργήσουμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με διάφορες πηγές και ηλεκτρικές συσκευές (ηλεκτρικές καταναλώσεις), αυτές συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια συνδετικών αγωγών με διάφορους τρόπους. Ένας από τους τρόπους αυτούς είναι και η εν σειρά συνδεσμολογία. Με την συνδεσμολογία αυτή, οι διάφορες καταναλώσεις συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να διαρρέονται όλες από το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :



Σχήμα 2. Εν σειρά συνδεσμολογία.

Όλες οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα. Η τάση όμως, η οποία εφαρμόζεται στα άκρα της συνδεσμολογίας των αντιστάσεων, κατανέμεται στις διάφορες καταναλώσεις του κυκλώματος, ανάλογα με την αντίστασή τους. Έτσι αν U είναι η τάση στα άκρα της συνδεσμολογίας των καταναλώσεων, στα άκρα κάθε καταναλώσης θα επικρατούν οι τάσεις U_1, U_2, U_3 & U_4 οι οποίες θα είναι ίσες προς $R_1 \cdot I, R_2 \cdot I, R_3 \cdot I$ & $R_4 \cdot I$ αντίστοιχα, σύμφωνα πάντα με τον νόμο του Ohm.

Η τάση U θα είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων U_1, U_2, U_3 & U_4 , οπότε και η συνολική αντίσταση R της εν σειρά συνδεσμολογίας των καταναλώσεων θα είναι ίση με :

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

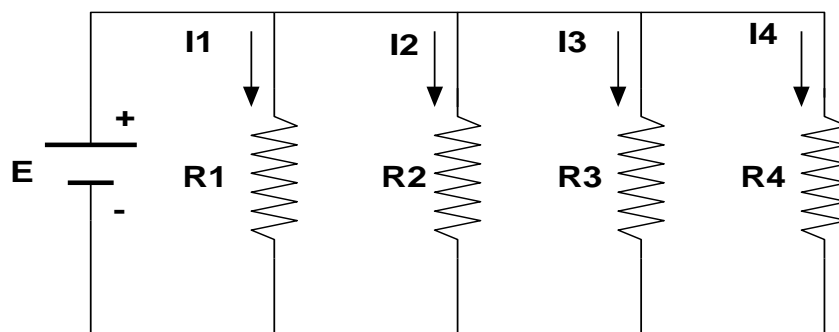
Το μειονέκτημα της εν σειράς συνδεσμολογίας είναι το ότι εάν κοπεί μια αντίσταση τότε διακόπτεται η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε όλο το κύκλωμα.

B2.2. Παράλληλη συνδεσμολογία.

Στην παράλληλη συνδεσμολογία όλες οι καταναλώσεις έχουν την ίδια τάση. Στη συνδεσμολογία αυτή, η διακοπή μιας κατανάλωσης δεν επηρεάζει τη λειτουργία των άλλων καταναλώσεων. Η δυνατότητα ανεξάρτητης λειτουργίας των ηλεκτρικών καταναλώσεων στην παράλληλη συνδεσμολογία την καθιστά κατάλληλη να χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των καταναλώσεων από τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, το ηλεκτρικό ρεύμα εξέρχεται από τον θετικό πόλο της πηγής, κατευθύνεται προς τις καταναλώσεις και διακλαδίζεται στους διάφορους παράλληλους κλάδους του κυκλώματος. Η ολική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ισούται με το άθροισμα των εντάσεων των ηλεκτρικών ρευμάτων των διάφορων κλάδων.

$$I=I_1+I_2+I_3+I_4$$



Σχήμα 3. Παράλληλη συνδεσμολογία.

Η συνολική αντίσταση R της παράλληλης συνδεσμολογίας δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

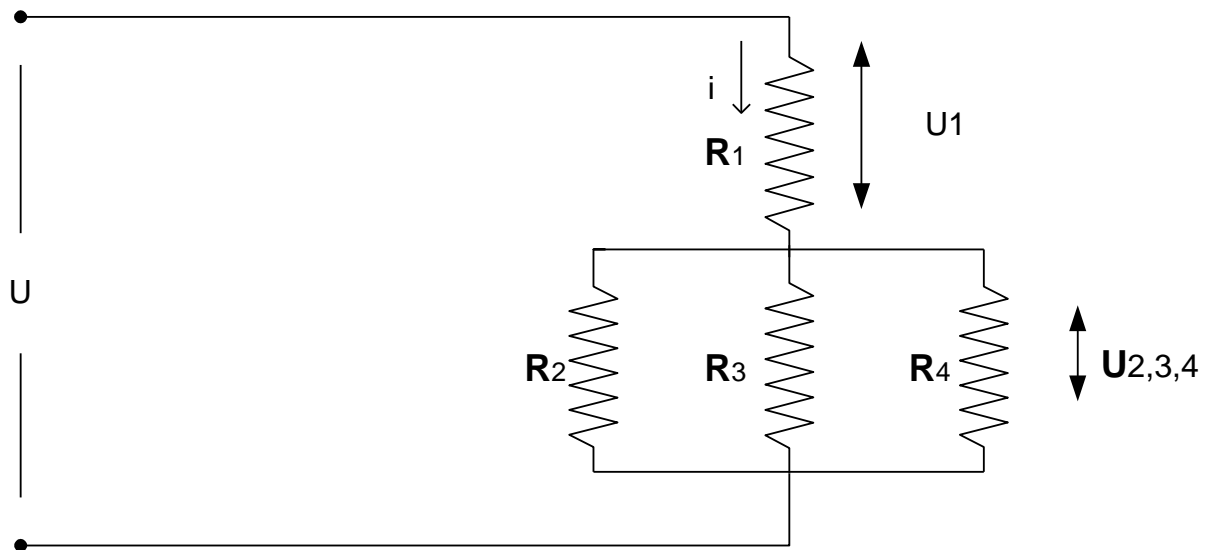
Η συνολική τάση στα άκρα της συνδεσμολογίας είναι ίση με την τάση της πηγής. Η ολική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίση προς το άθροισμα των εντάσεων των επιμέρους ηλεκτρικών ρευμάτων.

Επίσης στην παράλληλη συνδεσμολογία, η ολική αντίσταση μειώνεται όταν συνδέσουμε μια νέα αντίσταση πάλι παράλληλα και είναι πάντοτε μικρότερη από τη μικρότερη αντίσταση που υπάρχει στο κύκλωμα.

B2.3. Μικτή συνδεσμολογία

Τέσσερις ή περισσότερες καταναλώσεις, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, λέμε ότι βρίσκονται σε μικτή συνδεσμολογία. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι τρόποι μικτής συνδεσμολογίας.

Στην περίπτωση του ακόλουθου σχήματος, ο αντιστάτης με αντίσταση R_1 συνδέεται σε σειρά με το παράλληλο συνδυασμό των αντιστατών αντιστάσεων R_2, R_3 & R_4 . Στο κύκλωμα αυτό συνυπάρχουν και οι δύο τρόποι συνδεσμολογίας γι αυτό και λέμε την συνδεσμολογία αυτή μικτή.



Σχήμα 4. Μικτή συνδεσμολογία.

Γ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στη συνέχεια ακολουθεί η πειραματική διαδικασία και η επεξεργασία των μετρήσεων.

Τα όργανα που απαιτούνται στην εργαστηριακή αυτή άσκηση είναι το πολύμετρο και οι ωμικοί αντιστάτες.

Δίνονται τέσσερις ωμικοί αντιστάτες με ωμικές αντιστάσεις $R_1=180\Omega$, $R_2=220\Omega$, $R_3=330\Omega$ και $R_4=100\Omega$. Οι αντιστάτες R_2 και R_3 συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Ο παράλληλος αυτός συνδυασμός συνδέεται εν σειρά με τις ωμικές αντιστάσεις R_1 και R_4 .

1. Να σχεδιάσετε και να κατασκευάσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα.
2. Να υπολογίσετε θεωρητικά την ολική αντίσταση του κυκλώματος.
3. Να υπολογίσετε πειραματικά τις ωμικές αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , R_{23} , R_{123} , R_{234} , R_4 , $R_{ολ}$.
4. Να υπολογίσετε θεωρητικά τις ωμικές αντιστάσεις R_{23} , R_{123} , R_{234} , $R_{ολ}$.
5. Να υπολογίσετε σε κάθε μέτρηση το απόλυτο και το σχετικό σφάλμα της.

6. Που οφείλεται η απόκλιση μεταξύ των θεωρητικών και πειραματικών τιμών των υπό μέτρηση φυσικών μεγεθών;

7. Με βάση τα ανωτέρω βήματα, να συμπληρώσετε τον ακόλουθο πίνακα μετρήσεων.

Ωμικές αντιστάσεις	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_{23} (Ω)	R_{123} (Ω)	R_{234} (Ω)	R_4 (Ω)	$R_{ολ}$ (Ω)
Πειραματικές τιμές								
Θεωρητικές τιμές								
Απόλυτο σφάλμα								
Σχετικό σφάλμα (%)								

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χατζαράκης Γεώργιος Ε., Ηλεκτρικά Κυκλώματα, Τόμος Α, Έκδοση 2η, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Ο.Ε.
2. Ν. Κολλιόπουλου, Η.Λόη, “Ηλεκτροτεχνία”, Τόμος 1, 1η Έκδοση, ΣΤΕΛΛΑ ΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ ΟΕ.
3. Ε.Ν. Πρωτονοτάριου, “Μαθήματα Ειδικής Ηλεκτροτεχνίας”.
4. Η.Η. Skilling, “Electrical Engineering Circuits”, John Wiley and Sons.
5. D.F.Tuttle, “Circuits”, McGraw-Hill.
6. Μ.Ε. Valhenburg, “Network Analysis”, 3rd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
7. Παντελή Χρ. Βαφειάδη, “Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων”, 2^η Έκδοση, Αθήνα 2000.
8. W.H.Hayt, J. E. Kemmerly, “Engineering Circuit Analysis”, 2nd Edition, McGraw-Hill.
9. Χ. Κωνσταντινίδης, Εργαστηριακές ασκήσεις : Ηλεκτρικά Κυκλώματα Ι, ΤΕΙ Καβάλας, 2009