

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ  
ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ Ι

Εκ του Εργαστηρίου

2 Νοεμβρίου 2011



---

# Κανονισμός Εργαστηρίου

1. Η διάρκεια του Εργαστηρίου είναι 2 ώρες χωρίς διάλειμμα.
2. Η προσέλευση των σπουδαστών πρέπει να γίνεται στην καθορισμένη ώρα χωρίς καθυστερήσεις. Σε περίπτωση καθυστέρησης ο σπουδαστής δεν γίνεται δεκτός στο Εργαστήριο.
3. Στην αρχή του Εργαστηρίου κάθε σπουδαστής παραδίδει γραπτή εργασία που αφορά την άσκηση της προηγούμενης εβδομάδας. Η παράδοση της άσκησης είναι απαραίτητη. Σε αντίθετη περίπτωση θεωρείται ότι δεν πραγματοποιήθηκε.
4. Ο σπουδαστής προσέρχεται στο Εργαστήριο προετοιμασμένος για την άσκηση που θα πραγματοποιήσει. Η προετοιμασία αυτή περιλαμβάνει τόσο την πειραματική διαδικασία όπως περιγράφεται στις Σημειώσεις του Εργαστηρίου, όσο και την σχετική με το πείραμα θεωρία. Η θεωρία αυτή βρίσκεται σε αντίστοιχα κεφάλαια βιβλίων Ηλεκτροτεχνίας τα οποία ο σπουδαστής οφείλει να μελετήσει.
5. Αδυναμία του σπουδαστή να εκτελέσει το πείραμα λόγω ελλιπούς προετοιμασίας στην θεωρία ή στην πειραματική διαδικασία ισοδυναμεί με απουσία και ο σπουδαστής θα πρέπει να επαναλάβει την άσκηση στο εργαστήριο συμπλήρωσης στο τέλος του κύκλου των ασκήσεων.
6. Κατά την διάρκεια του πειράματος κάθε σπουδαστής εξετάζεται τόσο στο πειραματικό μέρος όσο και στην θεωρία που αντιστοιχεί στο πείραμα.
7. Κατά την διάρκεια της άσκησης κάθε ομάδα συγκεντρώνει τις μετρήσεις που έλαβε σε σχετικούς πίνακες που έχει προετοιμάσει από το σπίτι.
8. Με την ολοκλήρωση των εργαστηριακών ασκήσεων ακολουθεί γραπτή εξέταση με θέματα που προέρχονται από τις ασκήσεις που εκτελέστηκαν κατά την διάρκεια του εξαμήνου στο εργαστήριο.
9. Ο σπουδαστής οφείλει να φέρει μαζί του κατά την διάρκεια του εργαστηρίου υπολογιστική μηχανή (κομπιουτεράκι).

## Γενικά

- Η έναρξη των εργαστηριακών ασκήσεων γίνεται ακριβώς μετά 15 λεπτά κάθε προγραμματισμένης ώρας (π.χ. 08:15) και διαρκεί αυστηρά 1 ώρα και 45 λεπτά (π.χ. έως τις 10:00).
- Στο χώρο του εργαστηρίου δεν επιτρέπονται ο καφές, το κάπνισμα και τα αναψυκτικά.
- Οι σπουδαστές θα πρέπει να σέβονται το χώρο, να τον διατηρούν καθαρό.
- Θα πρέπει να χρησιμοποιούν τα όργανα με προσοχή, να μην τους αλλάζουν θέση.
- Δεν θα πρέπει να γράφουν στους πάγκους εργασίας και πολύ περισσότερο στα όργανα.
- Κάθε σπουδαστής, οφείλει να βρίσκεται στον χώρο του εργαστηρίου τουλάχιστον 5 λεπτά πριν την έναρξη της εργαστηριακής άσκησης, ενώ δεν θα επιτρέπεται για κανένα λόγο η προσέλευση σπουδαστών μετά την έναρξη της εργαστηριακής άσκησης.
- Οι σπουδαστές, για να γίνουν δεκτοί στο εργαστήριο, πρέπει υποχρεωτικά να έχουν μαζί τους το φυλλάδιο των εργαστηριακών σημειώσεων και τετράδιο ή κόλλες που θα κρατούν τις σημειώσεις τους και τις μετρήσεις που θα πάρουν.
- Οι σπουδαστές πραγματοποιούν τις εργαστηριακές ασκήσεις χωρισμένοι σε 8 ομάδες των 2 – 3 ατόμων (ανάλογα με την δυναμικότητα κάθε τμήματος). Κάθε ομάδα εργάζεται σε έναν από τους 8 πάγκους εργασίας που διαθέτει το εργαστήριο. Συνιστάται κάθε ομάδα να αποτελείται από τα ίδια άτομα και να εργάζεται στον ίδιο πάγκο, σε όλες τις εργαστηριακές ασκήσεις.

- Στην πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης στον πάγκο εργασίας, συμμετέχουν ενεργά και για ίδιο χρονικό διάστημα, όλα τα άτομα μιας ομάδας. Η μη ενεργός συμμετοχή κάποιου σπουδαστή, στην διαδικασία της άσκησης και των μετρήσεων, αυτόματα σημαίνει την απουσία του από την άσκηση άσχετα με την φυσική του παρουσία.

## Εργασίες

- Η επιτυχής παρακολούθηση μιας εργαστηριακής άσκησης, δεν καθορίζεται μόνο από την φυσική παρουσία του σπουδαστή στο εργαστήριο και της πραγματοποίησης της άσκησης, αλλά και από την παράδοση εντός μιας εβδομάδας της τεχνικής έκθεσης (εργασίας) της άσκησης, η οποία πρέπει να βαθμολογηθεί τουλάχιστον με 5 (πέντε).
- Η τεχνική έκθεση (εργασία) που παραδίδεται σε κάθε εργαστηριακή άσκηση είναι αυστηρά ατομική για κάθε σπουδαστή. Η τεχνική έκθεση παραδίδεται σε κόλλες αναφοράς ή σε λευκές κόλλες A4. Σε αυτήν περιγράφεται (εν συντομία) από κάθε σπουδαστή, ο σκοπός της άσκησης, η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε, οι μετρήσεις που έγιναν, η επεξεργασία των μετρήσεων και η σύνδεση των μετρήσεων με το θεωρητικό μέρος.
- Η διαδικασία της επεξεργασίας των μετρήσεων δίνεται μέσα από τις σημειώσεις για κάθε άσκηση ξεχωριστά, ενώ κάθε σπουδαστής πρέπει να απαντήσει σε όλα τα ερωτήματα που συνοδεύουν κάθε άσκηση.
- Η τεχνική έκθεση (εργασία) έχει βαρύνουσα σημασία, αφού μέσα από αυτή, ο σπουδαστής εμπεδώνει τις γνώσεις που απέκτησε στο εργαστήριο, με την επεξεργασία των μετρήσεων, ενώ διαπιστώνεται η επιτυχής πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης και η επίτευξη των στόχων που αυτή θέτει.
- Κάθε άτομο έχει τον δικό του τρόπο σκέψης και κυρίως τον δικό του τρόπο έκφρασης. Συνεπώς όμοιες εργασίες θεωρούνται προϊόν αντιγραφής και παράβασης του όρου της ατομικής εργασίας και θα μηδενίζονται και οι δύο.
- Αν κάποιος σπουδαστής δεν παραδώσει την τεχνική έκθεση (εργασία) μιας άσκησης που έχει πραγματοποιήσει εντός του καθορισμένου χρονικού διαστήματος, η συγκεκριμένη άσκηση θεωρείται ανεπιτυχής (μη πραγματοποιήσιμη).
- Αν η τεχνική έκθεση (εργασία) βαθμολογηθεί με βαθμό κάτω από την βάση (μικρότερο από 5) , τότε σε συνεννόηση με τους διδάσκοντες, μπορεί να δοθεί η δυνατότητα διόρθωσης της, εντός χρονικού διαστήματος έως μιας εβδομάδας. Σε περίπτωση που μετά την εκ νέου διόρθωση της η τεχνική έκθεση (εργασία) θεωρηθεί επιτυχής λαμβάνει αποκλειστικά τον βαθμό 5.

## Απουσίες

- Το εργαστήριο (όπως και κάθε μάθημα) χρειάζεται να λειτουργήσει για 13 εβδομάδες ανά εξάμηνο για να μην θεωρηθεί άκυρο.
- Ο σπουδαστής μπορεί να απουσιάσει μόνο σε μία εργαστηριακή άσκηση.

## Εξετάσεις – Βαθμολογία

- Την τελευταία εβδομάδα του εξαμήνου, πραγματοποιείται η τελική εξέταση του εργαστηρίου, η οποία έχει βαρύνουσα σημασία, αφού μέσα από αυτή διαπιστώνεται ο βαθμός κατάκτησης από κάθε σπουδαστή των στόχων των εργαστηριακών ασκήσεων και της γνώσης που προκύπτουν από αυτούς.
- Για να κριθεί τελικώς επιτυχής η παρακολούθηση του εργαστηρίου, πρέπει ο σπουδαστής στην τελική εξέταση να βαθμολογηθεί τουλάχιστον με 5 (πέντε).
- Ο τελικός βαθμός του εργαστηρίου υπολογίζεται με βάση:
  1. τον βαθμό της τελικής εξέτασης
  2. τον μέσο όρο βαθμολογίας των εργασιών

## Παρατήρηση

Γίνεται σαφές ότι όλα τα παραπάνω ισχύουν για όλους τους σπουδαστές, άσχετα αν έχουν παρακολουθήσει ξανά το εργαστήριο σε προηγούμενο εξάμηνο.

---

# Περιεχόμενα

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Μέτρηση αντιστάσεων</b>                         | <b>1</b>  |
| 1.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 1         |
| 1.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 2         |
| <b>2</b> | <b>Συνδεσμολογία αντιστάσεων</b>                   | <b>5</b>  |
| 2.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 5         |
| 2.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 5         |
| <b>3</b> | <b>Κανόνες Kirchhoff</b>                           | <b>11</b> |
| 3.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 11        |
| 3.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 11        |
| <b>4</b> | <b>Θεωρήματα Υπέρθεσης/Επαλληλίας και Millman</b>  | <b>15</b> |
| 4.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 15        |
| 4.1.1    | Θεώρημα Επαλληλίας . . . . .                       | 15        |
| 4.1.2    | Θεώρημα Millman . . . . .                          | 15        |
| 4.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 15        |
| <b>5</b> | <b>Θεωρήματα Thevenin και Norton</b>               | <b>17</b> |
| 5.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 17        |
| 5.1.1    | Θεώρημα Thevenin (ισοδύναμη πηγή τάσης) . . . . .  | 17        |
| 5.1.2    | Θεώρημα Norton (ισοδύναμη πηγή ρεύματος) . . . . . | 17        |
| 5.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 17        |
| <b>6</b> | <b>Θεώρημα Μέγιστης Ισχύος</b>                     | <b>21</b> |
| 6.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 21        |
| 6.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 22        |
| 6.3      | Ανάλυση αποτελεσμάτων . . . . .                    | 23        |
| 6.4      | Ερωτήσεις . . . . .                                | 23        |
| <b>7</b> | <b>Γέφυρα του Wheatstone</b>                       | <b>25</b> |
| 7.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 25        |
| 7.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 26        |
| <b>8</b> | <b>Μέτρηση τάσης και συχνότητας με παλμογράφο</b>  | <b>29</b> |
| 8.1      | Θεωρία . . . . .                                   | 29        |
| 8.2      | Διαδικασία . . . . .                               | 30        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>A Παλμογράφος</b>                           | <b>33</b> |
| A.1 Θεωρία . . . . .                           | 33        |
| A.1.1 Πλακίδια οριζοντίας απόκλισης . . . . .  | 34        |
| A.1.2 Πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης . . . . . | 34        |
| A.1.3 Ενισχυτές . . . . .                      | 34        |
| A.1.4 Probes . . . . .                         | 34        |
| A.1.5 Περισσότερες πληροφορίες . . . . .       | 34        |

---

# ΑΣΚΗΣΗ 1

---

## Μέτρηση αντιστάσεων

---

*Περιεχόμενο: Μέτρηση αντιστάσεως με ωμόμετρο, κώδικας αντιστάσεως, αναγνώριση πυκνωτή - πηνίου, λειτουργία οργάνων μετρήσεως.*

*Όργανα - υλικά: Πολύμετρο, αντιστάσεις, συνδετικοί αγωγοί, όργανα μετρήσεως.*

---

### 1.1 Θεωρία

Αντίσταση είναι η ιδιότητα, που έχουν τα διάφορα σώματα να παρουσιάζουν δυσκολία στη κυκλοφορία του ρεύματος. Ποσοτικά η αντίσταση ορίζεται από τη σχέση

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

που αποτελεί τον νόμο του Ohm, όπου  $R$  η αντίσταση σε  $\Omega$ ,  $U$  η τάση στα άκρα της αντίστασης σε  $V$  και  $I$  το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση σε  $A$ .

Ο απλούστερος τρόπος για να μετρήσουμε αντίσταση είναι με το ωμόμετρο. Το ωμόμετρο δεν έχει πολικότητα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν έχει καμία σημασία σε ποιο άκρο της μετρούμενης αντιστάσεως θα συνδεθεί ο κάθε ακροδέκτης του. Επίσης το ωμόμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μιας αντιστάσεως σε ένα κύκλωμα, μόνο όταν το κύκλωμα αυτό ευρίσκεται εκτός τάσεως (δεν είναι ενεργό). Τέλος, κάθε φορά που αλλάζουμε κλίμακα μέτρησης, πρέπει να μηδενίζουμε το όργανο. Οι τιμές των αντιστάσεων που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα συμβολίζονται συνήθως με διάφορα χρώματα στην επιφάνεια τους.



**Σχήμα 1.1:** Ένα στοιχείο αντίστασης όπου φαίνονται οι ζώνες. Η ζώνη Α είναι το πρώτο σημαντικό ψηφίο της τιμής της αντίστασης. Η ζώνη Β είναι το δεύτερο σημαντικό ψηφίο. Η ζώνη Γ είναι ο εκθέτης στη δύναμη του 10 που ακολουθεί και πολλαπλασιάζει τα δυο πρώτα σημαντικά ψηφία. Η Δ, αν υπάρχει, δείχνει την % ανοχή. Αν δεν υπάρχει, η ανοχή είναι 20%. Για να ξεχωρίζει το αριστερό από το δεξιό μέρος, υπάρχει ένα μεγαλύτερο κενό μεταξύ ζώνης Γ και Δ. Επίσης, το χρώμα της ζώνης Δ είναι πάντα χρυσό ή ασημί.

Υπάρχουν δηλ. τρεις τουλάχιστον ζώνες (δακτύλιοι) με διάφορα χρώματα προς το ένα άκρο της αντιστάσεως. Η πρώτη ζώνη (από αριστερά) δίνει το πρώτο ψηφίο του αριθμού που παριστάνει την τιμή της αντιστάσεως. Η δεύτερη ζώνη δίνει το δεύτερο ψηφίο του αριθμού αυτού. Η τρίτη ζώνη όμως δίνει τον αριθμό των μηδενικών που ακολουθούν τα δύο πρώτα ψηφία.

Αν σε μια αντίσταση υπάρχει και τέταρτη ζώνη, θα συμβολίζει την ανοχή, δηλ. τα όρια μέσα στα οποία πρέπει να κυμαίνεται η τιμή της αντίστασης που προσδιορίζουν οι προηγούμενες ζώνες.

Για την εύρεση της τιμής μιας αντίστασης χρειάζεται γνώση του κώδικα των χρωμάτων πρέπει δηλ. να ξέρουμε ποιος αριθμός αντιστοιχεί σε κάθε χρώμα.

Πίνακας 1.1: Κώδικας χρωμάτων

| Ζώνη Α ή Β  |                 | Ζώνη Γ      |                  | Ζώνη Δ      |            |
|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|------------|
| χρώμα       | σημαντικό ψηφίο | χρώμα       | πολ/στής         | χρώμα       | ανοχή      |
| μαύρο       | 0               | μαύρο       | $\times 10^0$    |             |            |
| καφέ        | 1               | καφέ        | $\times 10^1$    |             |            |
| κόκκινο     | 2               | κόκκινο     | $\times 10^2$    |             |            |
| πορτοκαλί   | 3               | πορτοκαλί   | $\times 10^3$    |             |            |
| κίτρινο     | 4               | κίτρινο     | $\times 10^4$    |             |            |
| πράσινο     | 5               | πράσινο     | $\times 10^5$    |             |            |
| μπλε        | 6               | μπλε        | $\times 10^6$    |             |            |
| μωβ         | 7               | μωβ         | $\times 10^7$    |             |            |
| γκρι        | 8               | γκρι        | $\times 10^8$    |             |            |
| λευκό       | 9               | λευκό       | $\times 10^9$    |             |            |
| χρυσό       | —               | χρυσό       | $\times 10^{-1}$ | χρυσό       | $\pm 5\%$  |
| ασημί       | —               | ασημί       | $\times 10^{-2}$ | ασημί       | $\pm 10\%$ |
| χωρίς χρώμα | —               | χωρίς χρώμα | —                | χωρίς χρώμα | $\pm 20\%$ |

## 1.2 Διαδικασία

1. Με τη βοήθεια του κώδικα των χρωμάτων να προσδιοριστούν πλήρως οι τιμές των αντιστάσεων καθώς και οι ανοχές τους και να συμπληρωθεί ο παρακάτω Πίνακας 1.2.

Πίνακας 1.2:

| Ζώνες                      | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_4$ | $R_5$ | $R_6$ |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A                          |       |       |       |       |       |       |
| B                          |       |       |       |       |       |       |
| Γ                          |       |       |       |       |       |       |
| Δ                          |       |       |       |       |       |       |
| τιμή αντίστασης (χρώμα)    |       |       |       |       |       |       |
| τιμή αντίστασης (ωμόμετρο) |       |       |       |       |       |       |



2. Να μετρηθούν με ωμόμετρο (κατάλληλη κλίμακα) οι αντιστάσεις  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$  και να συμπληρωθεί ο πίνακας.
3. Ποια είναι η μέγιστη τιμή αντίστασης που μπορεί να μετρήσει το ωμόμετρο που χρησιμοποιήσατε;
4. Ποια είναι η περισσότερο ακριβής τιμή; Αυτή που δείχνει το ωμόμετρο ή αυτή που προσδιορίζεται από τον κώδικα χρωμάτων;
5. Η μέτρηση που έδωσε το ωμόμετρο για κάθε αντίσταση βρίσκεται μεταξύ των ορίων της ανοχής;
6. Δώστε την έννοια του βραχυκυκλώματος και του ανοιχτού κυκλώματος με δικά σας λόγια όπως τις καταλαβαίνετε.
7. Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας 1.3 με τα χρώματα που αντιστοιχούν σε κάθε ζώνη των παρακάτω αντιστάσεων  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ .

**Πίνακας 1.3:**

| Ζώνες | $R_1$<br>$47 \pm 20\% \Omega$ | $R_2$<br>$220 \pm 5\% \Omega$ | $R_3$<br>$10 \pm 5\% \Omega$ | $R_4$<br>$560 \pm 5\% \Omega$ | $R_5$<br>$1000 \Omega$ | $R_6$<br>$2200 \Omega$ |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| A     |                               |                               |                              |                               |                        |                        |
| B     |                               |                               |                              |                               |                        |                        |
| Γ     |                               |                               |                              |                               |                        |                        |
| Δ     |                               |                               |                              |                               |                        |                        |



---

## ΑΣΚΗΣΗ 2

---

# Συνδεσμολογία αντιστάσεων

---

Περιεχόμενο: Συνδεσμολογίες αντιστάσεων

Όργανα - υλικά: Πηγή με συνεχή τάση, αντιστάσεις, διακόπτες, πολύμετρα, συνδετικοί αγωγοί

---

### 2.1 Θεωρία

Ηλεκτρικό κύκλωμα είναι μια διασύνδεση ηλεκτρικών πηγών, καλωδίων και συσκευών που στην περίπτωση των συνεχών ρευμάτων έχουν μόνο ωμικές αντιστάσεις.

Διακρίνουμε τριών ειδών συνδεσμολογίες: σε σειρά, παράλληλη και μικτή συνδεσμολογία.

Τα χαρακτηριστικά της συνδεσμολογίας σειράς είναι:

- Η ένταση του ρεύματος είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος δηλ. σε οποιοδήποτε σημείο και αν διακοπεί το κύκλωμα και συνδέσουμε ένα αμπερόμετρο αυτό θα δείχνει πάντα την ίδια τιμή ρεύματος.
- Η ολική αντίσταση των καταναλώσεων (ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος) είναι ίση με το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων:
- Η τάση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα είναι ίση με το άθροισμα των πτώσεων τάσης στις αντιστάσεις που συνδέονται σε σειρά μεταξύ τους και προς την πηγή και αποτελούν το κύκλωμα αυτό.

Τα χαρακτηριστικά της παράλληλης συνδεσμολογίας είναι:

- Η τάση στους ακροδέκτες όλων των καταναλωτών είναι ίση με την τάση της πηγής. Εξασφαλίζεται όμως διακλάδωση ρεύματος για κάθε κατανάλωση.
- Η ολική αντίσταση του κυκλώματος ελαττώνεται, όταν συνδέεται μια νέα κατανάλωση (πάλι παράλληλα) και είναι πάντοτε μικρότερη της μικρότερης αντιστάσεως που υπάρχει στο κύκλωμα.
- Το ολικό ρεύμα που δίνει η πηγή ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε κατανάλωση του κυκλώματος.

Η μικτή συνδεσμολογία αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων τρόπων συνδεσμολογίας των καταναλώσεων σε σειρά και παράλληλη.

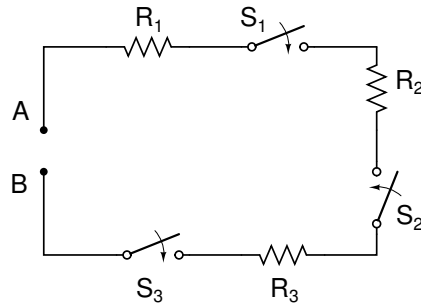
### 2.2 Διαδικασία

Στην άσκηση αυτή θα χρησιμοποιηθούν 10 αντιστάσεις  $R_1, R_2, \dots, R_{10}$

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 2.1

Να μετρηθούν με ωμόμετρο:

- (α') Η τιμή κάθε αντιστάσεως (διακόπτες  $S_1, S_2, S_3$  ανοικτοί) χωριστά.
- (β') Η ολική αντίσταση στους ακροδέκτες A,B (διακόπτες κλειστοί)



Σχήμα 2.1:

Πίνακας 2.1:

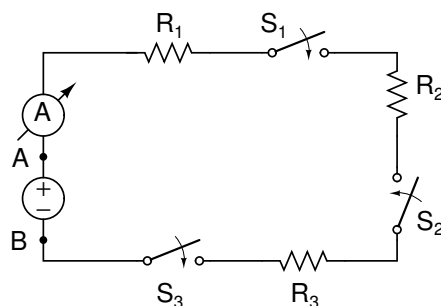
|                 | Κατανάλωση                 | Αντίσταση Ω |
|-----------------|----------------------------|-------------|
|                 | $R_1$                      |             |
|                 | $R_2$                      |             |
|                 | $R_3$                      |             |
| από μέτρηση:    | $R_{AB}$                   |             |
| από υπολογισμό: | $R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$ |             |

Τα αποτελέσματα να γραφούν στον πίνακα 2.1:

2. Να υπολογιστεί η ολική αντίσταση από τον τύπο της συνδεσμολογίας σε σειρά αντιστάσεων ( $R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$ ) και το αποτέλεσμα να γραφεί στην τελευταία σειρά του παραπάνω πίνακα 2.1.

Συμφωνεί η υπολογισθείσα τιμή  $R_{ολ}$  με την μετρηθείσα τιμή  $R_{AB}$ ;

3. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 2.2.



Σχήμα 2.2:

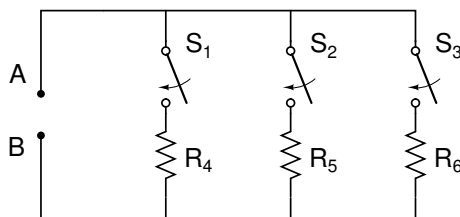
Αφού θέσετε τους διακόπτες on, τροφοδοτήστε με μια πηγή συνεχούς τάσης  $E = 12 \text{ V}$ .

Να μετρηθούν με βολτόμετρο οι τάσεις στα άκρα κάθε αντίστασης, η τάση στα άκρα της πηγής (σημεία A,B) καθώς και η ένδειξη του αμπερόμετρου και οι μετρήσεις αυτές να γραφούν στις αντίστοιχες στήλες του παρακάτω πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2:

| Καταναλώσεις | Τάση $U$ | Ρεύμα $I$ | Αντίσταση<br>$R = U/I$ |
|--------------|----------|-----------|------------------------|
| $R_1$        |          |           |                        |
| $R_2$        |          |           |                        |
| $R_3$        |          |           |                        |
| $R_{AB}$     |          |           |                        |

- Από τις μετρήσεις τάσης και ρεύματος σε κάθε καταναλώση να υπολογιστεί η τιμή της αντίστασης από το νόμο του Ohm,  $R = U/I$  και τα αποτελέσματα να γραφούν στην τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα.
- Αν οι αντιστάσεις  $R_1, R_2, R_3$  του Σχ. 2.2 ήταν 3 λαμπτήρες, τι θα συμβεί, αν «καεί» ένας από αυτούς; Θα ανάψουν ή όχι οι υπόλοιποι δύο;
- Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 2.3.



Σχήμα 2.3:

Να μετρηθούν με ωμόμετρο:

- Η τιμή κάθε αντίστασης  $R_4, R_5, R_6$  (διακόπτες  $S_1, S_2, S_3$  ανοικτοί).
- Η ολική αντίσταση  $R_{AB}$  στους ακροδέκτες A,B (διακόπτες κλειστοί).

Τα αποτελέσματα να γραφούν στον πίνακα 2.3:

- Να υπολογιστεί η ολική αντίσταση από τον τύπο της παράλληλης σύνδεσης αντιστάσεων

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

και το αποτέλεσμα να γραφεί στην τελευταία σειρά του πίνακα 2.3.

Συμφωνεί η υπολογισθείσα τιμή  $R_{ολ}$  με την μετρηθείσα τιμή  $R_{AB}$ ;

- Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 2.4.

Αφού κλειστούν οι διακόπτες τροφοδοτήστε με μια πηγή συνεχούς τάσης  $E = 12\text{ V}$ .

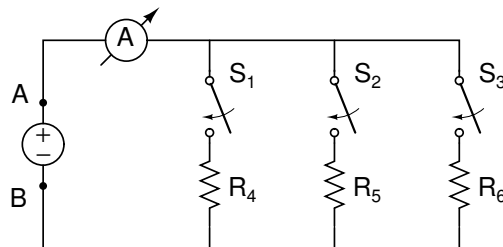
Να μετρηθούν με βολτόμετρο οι τάσεις στα άκρα κάθε αντίστασης, η τάση στην είσοδο του κυκλώματος (σημεία A,B) και οι μετρήσεις αυτές να γραφούν στις αντίστοιχες στήλες του παρακάτω πίνακα 2.4.

- Από τις μετρήσεις τάσης και ρεύματος σε κάθε καταναλώση να υπολογιστεί η τιμή κάθε αντίστασης από τον Νόμο του Ohm,  $R = U/I$  και τα αποτελέσματα να γραφούν στην τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα 2.4.

Οι τιμές αυτές να συγκριθούν με τις τιμές των αντιστάσεων  $R_4, R_5, R_6$  του προηγούμενου πίνακα.

Πίνακας 2.3:

|                 | Κατανάλωση | Αντίσταση Ω |
|-----------------|------------|-------------|
|                 | $R_4$      |             |
|                 | $R_5$      |             |
|                 | $R_6$      |             |
| από μέτρηση:    | $R_{AB}$   |             |
| από υπολογισμό: | $R_{ολ}$   |             |

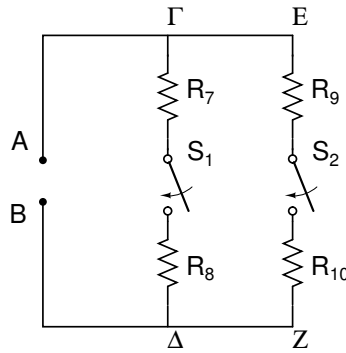


Σχήμα 2.4:

Πίνακας 2.4:

| Καταναλώσεις | Τάση $U$ | Ρεύμα $I$ | Αντίσταση $R = U/I$ |
|--------------|----------|-----------|---------------------|
| $R_4$        |          |           |                     |
| $R_5$        |          |           |                     |
| $R_6$        |          |           |                     |
| $R_{AB}$     |          |           |                     |

10. Όταν σε ένα κύκλωμα τριών παράλληλων καταναλώσεων που τροφοδοτούνται από την ίδια πηγή, προστεθεί και τέταρτη αντίσταση παράλληλα τι θα συμβεί στο ολικό ρεύμα της πηγής, θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί;
11. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 2.5.
12. Να μετρηθούν με ωμόμετρο:
  - (α') Η τιμή κάθε αντίστασης  $R_7, R_8, R_9, R_{10}$  (διακόπτες  $S_1, S_2$  ανοικτοί).



Σχήμα 2.5:

(β') Η αντίσταση του κλάδου ΓΔ ( $S_1$ : κλειστός,  $S_2$ : ανοικτός)

(γ') Η αντίσταση του κλάδου EZ ( $S_1$ : ανοικτός,  $S_2$ : κλειστός)

(δ') Η ολική αντίσταση  $R_{AB}$  ( $S_1, S_2$  κλειστοί)

Τα αποτελέσματα να γραφούν στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.5:

| Κατανάλωση      | Αντίσταση Ω |
|-----------------|-------------|
| $R_7$           |             |
| $R_8$           |             |
| $R_9$           |             |
| $R_{10}$        |             |
| $R_7 + R_8$     |             |
| $R_9 + R_{10}$  |             |
| από μέτρηση:    | $R_{AB}$    |
| από υπολογισμό: | $R_{ολ}$    |

13. Να υπολογιστεί η ολική αντίσταση από τον τύπο:

$$R_{ολ} = \frac{(R_7 + R_8) \times (R_9 + R_{10})}{R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}}$$

Το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία σειρά του παραπάνω πίνακα 2.5. Συμφωνεί η υπολογισθείσα τιμή  $R_{ολ}$  με την μετρηθείσα  $R_{AB}$ ;

14. Όταν ζητάμε να ελαττωθεί η τάση που εφαρμόζεται σε ένα στοιχείο, με την συνδεσμολογία μιας επί πλέον αντιστάσεως, πως πρέπει να γίνει η συνδεσμολογία αυτή; Σε σειρά ή εν παραλλήλω; Εξηγήστε γιατί.

15. Πως πρέπει να συνδεθούν δύο αντιστάσεις σε ένα κύκλωμα για να έχουμε κυκλοφορία μεγαλύτερου συνολικού ρεύματος στον συνδυασμό τους; Εξηγήστε γιατί.



---

## ΑΣΚΗΣΗ 3

---

# Κανόνες Kirchhoff

---

Περιεχόμενο: Κανόνες του Kirchhoff

Όργανα - υλικά: Δυο πηγές τροφοδοσίας με συνεχή τάση, αντιστάσεις, 2 αμπερόμετρα (πολύμετρα), συνδετικοί αγωγοί.

---

### 3.1 Θεωρία

**Κανόνας ρευμάτων:** Το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων σε ένα κόμβο ενός κυκλώματος είναι μηδέν ή τα εισερχόμενα ρεύματα σε ένα κόμβο είναι ίσα με τα εξερχόμενα.

**Κανόνας τάσεων:** Σε κάθε βρόχο ενός κυκλώματος το αλγεβρικό άθροισμα των Η.Ε.Δ., ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα όλων των πτώσεων τάσης στις καταναλώσεις.

Γνωρίζουμε ότι αν στα άκρα μιας αντίστασης  $R$ , εφαρμοστεί τάση  $U$ , από την αντίσταση θα περάσει ρεύμα  $I = U/R$ . Επομένως όταν από μια αντίσταση περνάει ρεύμα, στα άκρα της αναπτύσσεται μια τάση. Η τάση αυτή ορίζεται σαν πτώση τάσης επί της αντίστασης. Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης γίνεται δια πολ/σμου της τιμής της αντίστασης, επί την ένταση του ρεύματος που την διαρρέει.

### 3.2 Διαδικασία

Στην άσκηση αυτή θα χρησιμοποιηθούν οι αντιστάσεις  $R_1, R_2, \dots, R_8$  οι τιμές των οποίων (ονομαστικές τιμές) δίνονται στον παρακάτω πίνακα

| $R_1$ [ $\Omega$ ] | $R_2$ [ $\Omega$ ] | $R_3$ [ $\Omega$ ] | $R_4$ [ $\Omega$ ] | $R_5$ [ $\Omega$ ] | $R_6$ [ $\Omega$ ] | $R_7$ [ $\Omega$ ] | $R_8$ [ $\Omega$ ] |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 330                | 470                | 560                | 1200               | 2200               | 3300               | 10000              | 5600               |

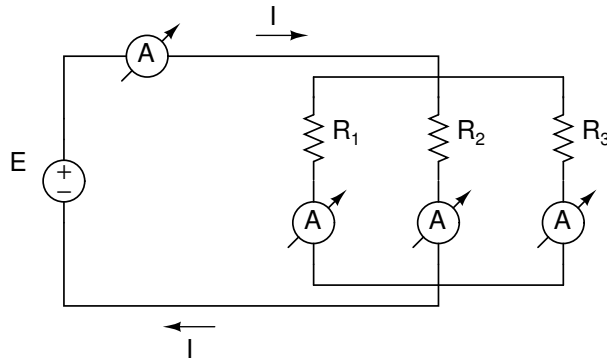
1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 3.1

Σημείωση: Να χρησιμοποιείτε ένα αμπερόμετρο και να το μετακινείτε (100 mA ή 50 mA).

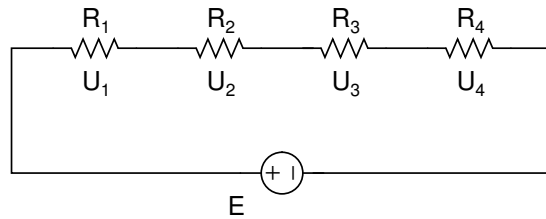
Έχουμε δηλ. τρεις αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα που τροφοδοτούνται από μια πηγή συνεχούς τάσης  $E = 12$  V. Να μετρηθούν τα ρεύματα  $I_1, I_2, I_3$  στους κλάδους και το ολικό ρεύμα  $I$  του κυκλώματος.

| $I$ | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_1 + I_2 + I_3$ |
|-----|-------|-------|-------|-------------------|
|     |       |       |       |                   |

2. Να προστεθούν τα ρεύματα  $I_1, I_2, I_3$  και το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία στήλη του πίνακα. Επαληθεύεται ο κανόνας ρευμάτων του Kirchhoff;



Σχήμα 3.1:



Σχήμα 3.2:

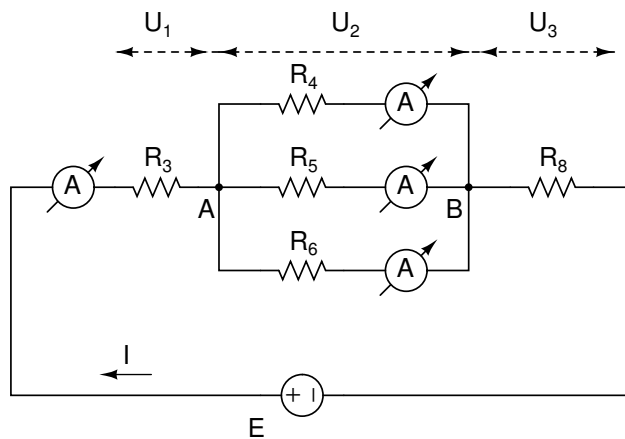
3. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 3.2. Έχουμε δηλ. τέσσερις αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά που τροφοδοτούνται από μια πηγή συνεχούς τάσης  $E = 12 \text{ V}$ .

Να μετρηθούν οι πτώσεις τάσης  $U_1, U_2, U_3, U_4$  σε κάθε αντίσταση καθώς και η τάση της πηγής  $E$ .

| $E$ | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | $U_4$ | $U_1 + U_2 + U_3 + U_4$ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
|     |       |       |       |       |                         |

4. Να προστεθούν οι πτώσεις τάσης  $U_1, U_2, U_3, U_4$  και το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία στήλη του πίνακα. Επαληθεύεται ο κανόνας τάσεων του Kirchhoff;

5. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 3.3.



Σχήμα 3.3:

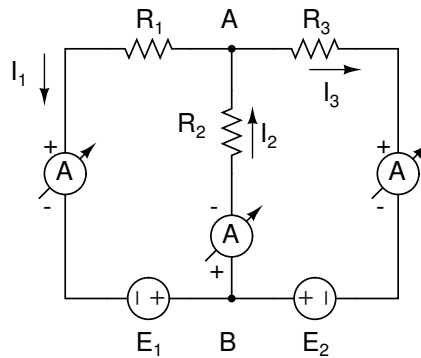
Το κύκλωμα τροφοδοτείται από μια πηγή συνεχούς τάσης  $E = 12 \text{ V}$ . Να μετρηθούν με τα αμπερόμετρα τα ρεύματα που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

| $I$ | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_1 + I_2 + I_3$ |
|-----|-------|-------|-------|-------------------|
|     |       |       |       |                   |

6. Να προστεθούν τα ρεύματα  $I_1, I_2, I_3$  και το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία στήλη του πίνακα. Επαληθεύεται ο κανόνας ρευμάτων του Kirchhoff στα σημεία A,B;
7. Να μετρηθούν οι πτώσεις τάσης  $U_1, U_2, U_3$  καθώς και η τάση της πηγής  $E$  στο κύκλωμα του Σχ. 3.3.

| $E$ | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | $U_1 + U_2 + U_3$ |
|-----|-------|-------|-------|-------------------|
|     |       |       |       |                   |

8. Να προστεθούν οι πτώσεις τάσης  $U_1, U_2, U_3$  και το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία στήλη του πίνακα. Επαληθεύεται ο κανόνας τάσεων του Kirchhoff;
9. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 3.4.



Σχήμα 3.4:

Το κύκλωμα τροφοδοτείται από δύο πηγές συνεχούς τάσης  $E_1 = 6 \text{ V}$  και  $E_2 = 12 \text{ V}$ . Να μετρηθούν με τα αμπερόμετρα τα ρεύματα  $I_1, I_2, I_3$ .

| $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | $I_1 + I_3$ |
|-------|-------|-------|-------------|
|       |       |       |             |

10. Να προστεθούν τα ρεύματα  $I_1, I_3$  και το αποτέλεσμα να γραφτεί στην τελευταία στήλη του πίνακα. Επαληθεύεται ο κανόνας των ρευμάτων του Kirchhoff στον κόμβο A;
11. Να υπολογιστούν θεωρητικά οι τιμές των ρευμάτων  $I_1, I_2, I_3$  χρησιμοποιώντας τους δύο κανόνες του Kirchhoff και να συγκριθούν με τις τιμές που έδειξαν τα όργανα.



---

## ΑΣΚΗΣΗ 4

---

# Θεωρήματα Υπέρθεσης/Επαλληλίας και Millman

---

Περιεχόμενο: Θεώρημα Υπέρθεσης ή Επαλληλίας και θεώρημα Millman

Όργανα - υλικά: Πηγές, αντιστάσεις, αμπερόμετρα - βολτόμετρα (πολύμετρα), συνδετικοί αγωγοί.

---

### 4.1 Θεωρία

#### 4.1.1 Θεώρημα Επαλληλίας

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε κλάδο ηλεκτρικού δικτύου που τροφοδοτείται από πολλές πηγές μπορεί να βρεθεί σαν επαλληλία των εντάσεων που προκαλεί καθεμιά από τις πηγές αν οι υπόλοιπες αντικατασταθούν από τις εσωτερικές τους αντιστάσεις.

Στους υπολογισμούς αντικαθιστούμε τις πραγματικές πηγές με ιδανικές πηγές τάσης, σε σειρά με αντιστάσεις ίσες με τις εσωτερικές τους (για πηγές τάσης) ή παράλληλα με αντιστάσεις ίσες με τις εσωτερικές τους (για πηγές ρεύματος).

Τότε κατά την εφαρμογή του θεωρήματος βραχυκυκλώνουμε όλες τις πηγές τάσης και ανοίγουμε όλες τις πηγές ρεύματος εκτός από μια σε κάθε περίπτωση.

Σημείωση: Εδώ σαν εσωτερικές αντιστάσεις θεωρούμε τις αντιστάσεις που βάζουμε εξωτερικά.

#### 4.1.2 Θεώρημα Millman

Το θεώρημα Millman χρησιμοποιείται για απλοποίηση παράλληλου συνδυασμού πηγών τάσης. Αν οι πηγές τάσης με χαρακτηριστικά  $(E_1, R_1), (E_2, R_2), \dots, (E_n, R_n)$  συνδεθούν παράλληλα, ο συνδυασμός θα ισοδυναμεί με πηγή που έχει χαρακτηριστικά

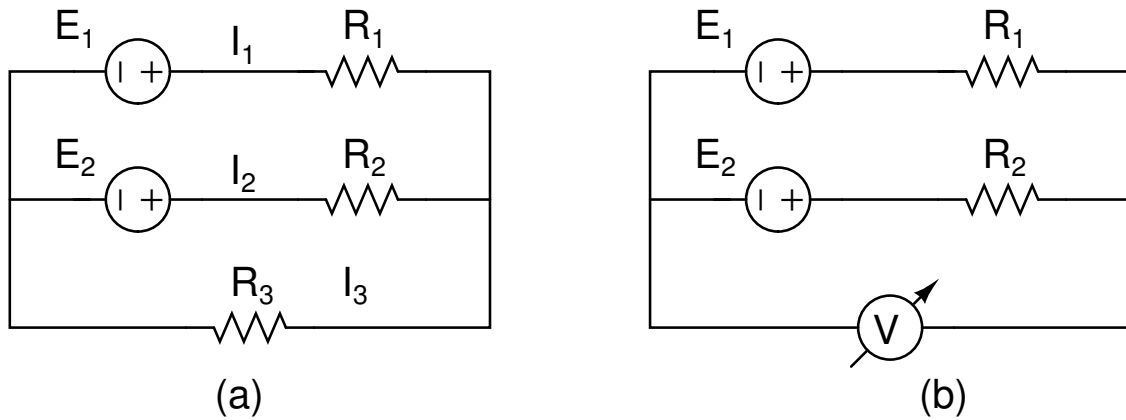
$$E_{\text{ισ}} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \dots + \frac{E_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \frac{1}{R_{\text{ισ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### 4.2 Διαδικασία

Να κατασκευαστεί το κύκλωμα του Σχ. ;; με τα παρακάτω στοιχεία

| $E_1$ [V] | $E_2$ [V] | $R_1$ [ $\Omega$ ] | $R_2$ [ $\Omega$ ] | $R_3$ [ $\Omega$ ] |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 12        | 6         | 2200               | 1200               | 560                |

1. Να μετρηθούν τα ρεύματα που περνούν από τους κλάδους των αντιστάσεων και να προσδιοριστούν οι φορές τους (Πίνακας 4.1).



Σχήμα 4.1:

Πίνακας 4.1:

|             |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|
| Αντιστάσεις | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ |
| Ρεύματα     |       |       |       |

Πίνακας 4.2:

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
|          | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ |
| $E_1$    |       |       |       |
| $E_2$    |       |       |       |
| Άθροισμα |       |       |       |

- Διατηρώντας ανά μια πηγή στο κύκλωμα αφού βραχυκυκλώσετε τις άλλες που αφαιρέσατε, επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία και συμπληρώστε τον πίνακα 4.2.
- Συγκρίνατε τις τιμές των ρευμάτων του πίνακα 4.1 με τις τιμές της τελευταίας γραμμής του πίνακα 4.2 και σχολιάστε:
- Να υπολογιστούν θεωρητικά τα  $I_1, I_2, I_3$ .
- Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του Σχ. 4.1a.
- Να μετρηθεί η  $E_{10}$  στο κύκλωμα 4.1b. Να υπολογιστεί κατόπιν θεωρητικά από το θεώρημα Millman και να συγκριθεί με την μετρηθείσα τιμή.

|                      |  |
|----------------------|--|
| $E_{10}$ μέτρηση     |  |
| $E_{10}$ υπολογισμός |  |

---

## ΑΣΚΗΣΗ 5

---

# Θεωρήματα Thevenin και Norton

---

Περιεχόμενο: Θεωρήματα Thevenin και Norton

Όργανα - υλικά: Πηγές, αντιστάσεις, αμπερόμετρο - βολτόμετρο - ωμόμετρο (πολύμετρα), συνδετικοί αγωγοί.

---

### 5.1 Θεωρία

#### 5.1.1 Θεώρημα Thevenin (ισοδύναμη πηγή τάσης)

Οποιοδήποτε τμήμα ηλεκτρικού δικτύου που αποτελείται από γραμμικά στοιχεία με ανοικτούς ακροδέκτες στα σημεία A και B μπορεί να αντικατασταθεί από έναν ισοδύναμο συνδυασμό μιας πηγής τάσης  $U_{TH}$  σε σειρά με μια αντίσταση  $R_{TH}$ .

Η ισοδύναμη τάση  $U_{TH}$  είναι ίση με την τάση που φαίνεται από τους ανοικτούς ακροδέκτες A,B (δεν έχουν συνδεθεί σε κάποιο φορτίο).

Η  $R_{TH}$  είναι ίση με την ολική αντίσταση του κυκλώματος που φαίνεται από τους ανοικτούς ακροδέκτες A,B όταν όλες οι πηγές αντικατασταθούν με τις εσωτερικές τους αντιστάσεις.

Το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin βλέπουμε ότι είναι μια πραγματική πηγή τάσης.

#### 5.1.2 Θεώρημα Norton (ισοδύναμη πηγή ρεύματος)

Οποιοδήποτε τμήμα ηλεκτρικού δικτύου που αποτελείται από γραμμικά στοιχεία με ανοικτούς ακροδέκτες στα σημεία A και B μπορεί να αντικατασταθεί από έναν ισοδύναμο συνδυασμό μιας πηγής ρεύματος  $I_N$  παράλληλα με μια αντίσταση  $R_N$ .

Αν βραχυκυκλωθούν οι ακροδέκτες A,B, το ισοδύναμο ρεύμα  $I_N$  είναι ίσο με το ρεύμα που ρέει από το βραχυκύκλωμα.

Η  $R_N$  είναι ίση με την ολική αντίσταση του κυκλώματος που φαίνεται από τους ανοικτούς ακροδέκτες A,B όταν όλες οι πηγές αντικατασταθούν με τις εσωτερικές τους αντιστάσεις, δηλ. ίση με την  $R_{TH}$ .

Το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Norton βλέπουμε ότι είναι μια πραγματική πηγή ρεύματος.

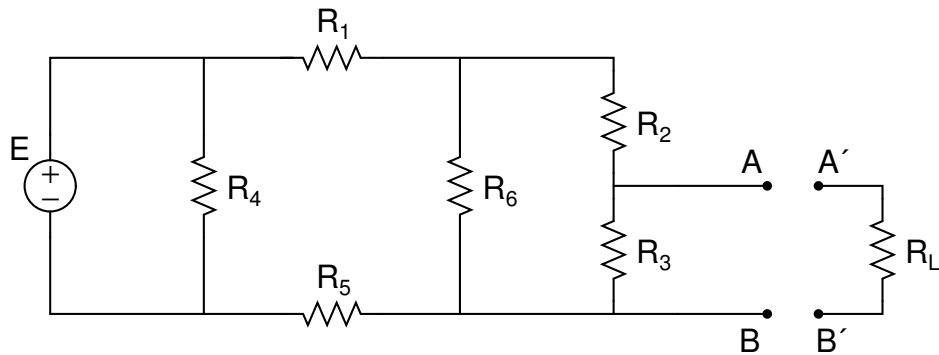
### 5.2 Διαδικασία

1. Να κατασκευαστεί το κύκλωμα του Σχ. 5.1 με τα παρακάτω στοιχεία:

| $E$ [V] | $R_1$ [ $\Omega$ ] | $R_2$ [ $\Omega$ ] | $R_3$ [ $\Omega$ ] | $R_4$ [ $\Omega$ ] | $R_5$ [ $\Omega$ ] | $R_6$ [ $\Omega$ ] |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 12      | 330                | 1200               | 560                | 820                | 120                | 2200               |

Στο παραπάνω κύκλωμα να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin και κατά Norton ως προς τα σημεία A,B.

2. Μετρήστε σύμφωνα με το θεωρητικό μέρος τα  $U_{TH}$ ,  $R_{TH}$ ,  $I_N$ ,  $R_N$  και τα αποτελέσματα να γραφούν στον πίνακα 5.1.



Σχήμα 5.1:

Πίνακας 5.1:

|                 | $U_{TH}$ ή $U_{AB}$ | $R_{TH}$ ή $R_{AB}$ ή $R_N$ | $I_N$ ή $I_{AB}$ |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|------------------|
| από μέτρηση:    |                     |                             |                  |
| από υπολογισμό: |                     |                             |                  |

- Υπολογίστε τα παραπάνω μεγέθη και τα αποτελέσματα να γραφούν στον πίνακα 5.1.
- Δικαιολογήστε τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των τιμών που μετρούνται και αυτών που υπολογίζονται.
- Στο κύκλωμα του Σχ. 5.1 και στα σημεία A,B παρεμβάλλετε ρυθμιστική αντίσταση  $R_X$  παράλληλα με βολτόμετρο. Για κάθε  $R_X$  του πίνακα 5.2 μετρήστε την τάση  $U_{AB}$  και υπολογίστε το ρεύμα  $I$  που διαρρέει την  $R_X$ .
- Υπολογίστε θεωρητικά τα διάφορα  $I$  για κάθε  $R_X$  από τη σχέση:

$$I = \frac{U_{AB}}{R_{AB} + R_X}$$

- Παρεμβάλλετε μεταξύ A,B τη ρυθμιστική αντίσταση σε σειρά με αμπερόμετρο και καταγράψτε την ένταση  $I$  για κάθε αντίσταση  $R_X$ .
- Συγκρίνατε τις τιμές  $I$  των τριών γραμμών του πίνακα 5.2 και δικαιολογήστε τυχόν διαφορές.
- Υπολογίστε  $U$ ,  $I$  και  $R$  κατά Thevenin και κατά Norton όταν τα σημεία A,B υποθέσουμε ότι βρίσκονται στα άκρα της αντίστασης  $R_1$



Πίνακας 5.2:

| $R_X$ [ $\Omega$ ]                     | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| $U$ [V]                                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| $I = \frac{U}{R_X}$ [mA]               |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB} + R_X}$ [mA] |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| $I$ (μέτρηση με όργανο)                |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |



---

## ΑΣΚΗΣΗ 6

---

# Θεώρημα Μέγιστης Ισχύος

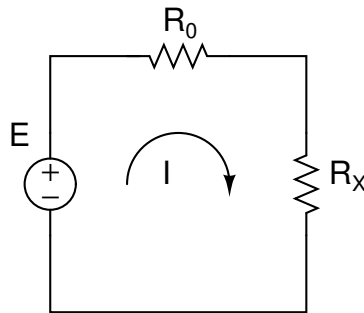
---

Περιεχόμενο: Θεώρημα μέγιστης ισχύος

Όργανα - υλικά: Πηγές, αντιστάσεις, αμπερόμετρο - βολτόμετρο - ωμόμετρο (πολύμετρα), συνδετικοί αγωγοί.

---

### 6.1 Θεωρία



Σχήμα 6.1:

Ας υποθέσουμε ότι συνδέουμε μεταβλητή αντίσταση  $R_X$  (φορτίο) σχ. 6.1 ώστε να τροφοδοτείται από συνδυασμό πηγής τάσης  $E$  και αντίστασης  $R_0$  σε σειρά. Η αντίσταση  $R_0$  μπορεί να θεωρηθεί σαν εσωτερική αντίσταση της πραγματικής πηγής  $(E, R_0)$ . Η ισχύς που καταναλώνει η  $R_X$  είναι:

$$P = I^2 R_X = \frac{E^2}{(R_0 + R_X)^2} R_X = \frac{E^2}{\frac{R_0^2}{R_X} + R_X + 2R_0} \quad (6.1)$$

Επομένως η ισχύς εξαρτάται από την  $R_X$ .

Επειδή στον παρανομαστή της παραπάνω σχέσης 6.1 το άθροισμα

$$S = \frac{R_0^2}{R_X} + R_X \quad (6.2)$$

αποτελείται από δύο προσθετούς με σταθερό γινόμενο, το άθροισμα αυτό γίνεται ελάχιστο όταν

$$\frac{R_0^2}{R_X} = R_X \quad \text{ή} \quad R_X = R_0 \quad (6.3)$$

τότε η (6.2) δίνει

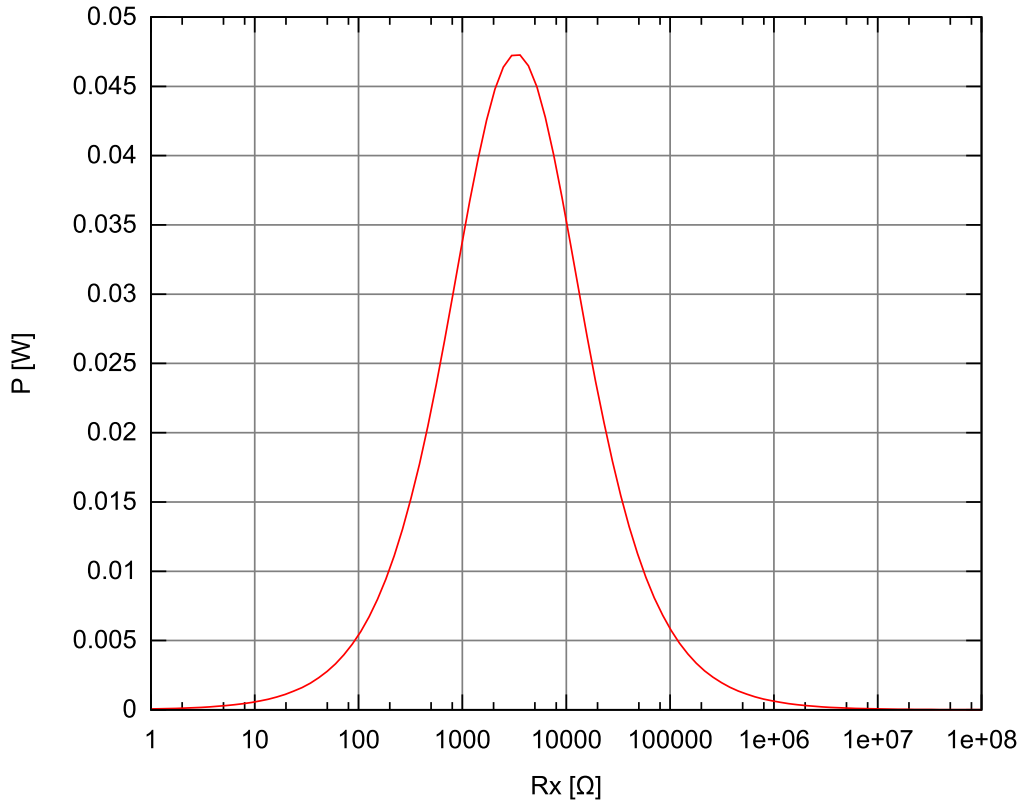
$$S = 2R_0 \quad (6.4)$$

Όταν ικανοποιείται η (6.3) ο παρανομαστής της (6.1) γίνεται ελάχιστος και επομένως η ισχύς  $P$  γίνεται μέγιστη. Τότε η (6.1) γράφεται

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4R_0} \quad (6.5)$$

Δηλαδή από όλες τις αντιστάσεις που τροφοδοτούνται από την πηγή ( $E, R_0$ ) εκείνη που καταναλώνει τη μέγιστη ισχύ είναι ίση προς  $R_0$  σύμφωνα με την (6.3) ενώ η (6.5) μας δίνει τη τιμή της μέγιστης ισχύος.

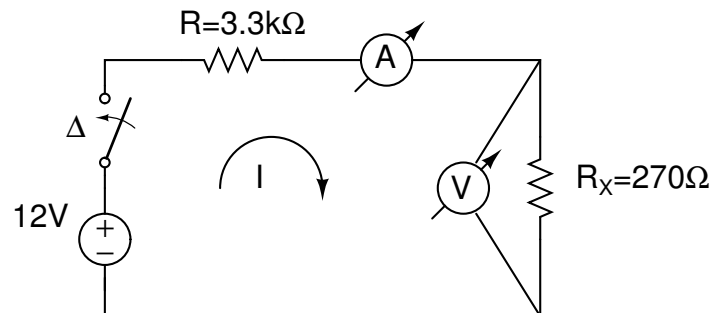
Στο σχ. 6.2 φαίνεται η γραφική παράσταση της  $P = f(R_X)$  σε ημιλογαριθμική κλίμακα. Παρατηρούμε ότι για  $R_X = 0$ ,  $P = 0$  και για  $R_X \rightarrow \infty$ ,  $P = 0$  ενώ για  $R_X = R_0$  έχουμε  $P = P_{\max}$ .



Σχήμα 6.2:

## 6.2 Διαδικασία

1. Να κατασκευαστεί το κύκλωμα του Σχ. 6.3



Σχήμα 6.3:

Η ολική εσωτερική αντίσταση του συστήματος τροφοδοτικό-αντίσταση είναι  $R_T = R + R_0$  όπου  $R_0$  η εσωτερική αντίσταση του τροφοδοτικού.

2. Κλείστε το διακόπτη  $\Delta$  και γράψτε τις τιμές  $I$  (μιλιαμπερόμετρο),  $U$  (βολτόμετρο) στη στήλη για  $R_X = 270 \Omega$  του πίνακα 6.1.
3. Ανοίξτε το διακόπτη  $\Delta$  και αντικαταστήστε την  $R_X$  με την επόμενη αντίσταση που φαίνεται στον πίνακα 6.1. Κλείστε το διακόπτη  $\Delta$  και γράψτε τις τιμές στον πίνακα 6.1.
4. Να επαναληφθεί η διαδικασία για όλες τις τιμές της  $R_X$  του πίνακα 6.1.

### 6.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Χρησιμοποιώντας τη σχέση  $P = UI$  υπολογίστε τις τιμές της  $P$  που αντιστοιχούν σε όλες τις τιμές της  $R_X$  στον πίνακα 6.1. Γράψτε τα αποτελέσματα στην τελευταία στήλη.

Σημείωση: Η αντίσταση των 3.3k μαζί με το τροφοδοτικό αποτελεί τη πηγή τάσης.

### 6.4 Ερωτήσεις

1. Υποθέστε ότι η αντίσταση φορτίου είναι πολύ μεγαλύτερη από την εσωτερική αντίσταση της πηγής  $R_0$ . Ποια είναι τότε η συνάρτηση  $P = f(R)$  και ποια είναι η τιμή της  $U$  στην περίπτωση αυτή;
2. Να γίνει το διάγραμμα  $P = f(I)$  για τις διάφορες τιμές του  $R$  με βάση τον πίνακα.
3. Να γίνει το διάγραμμα  $P = f(\eta)$  όπου  $\eta$  η απόδοση της πηγής που ορίζεται από τη σχέση

$$\eta = \frac{P_X}{P_E} = \frac{U_X}{E}$$

4. Για ποια τιμή του  $\eta$  έχουμε μέγιστη ισχύ στο φορτίο;
5. Να γίνει το διάγραμμα  $P = f(R_X)$ .
6. Αν  $R_X \rightarrow \infty$  που θα τείνει η τάση στα άκρα του φορτίου;
7. Εφαρμόζεται το Θεώρημα Μέγιστης Ισχύος στις εγκαταστάσεις ισχύος και γιατί; (Θεωρείστε ιδανική πηγή το δίκτυο της ΔΕΗ).

Πίνακας 6.1:

| τιμή της $R_X$ ( $\Omega$ ) | Τάση φορτίου (V) | Ένταση φορτίου (mA) | Ισχύς φορτίου (mW) | $\eta = U_X/E$ |
|-----------------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| 270                         |                  |                     |                    |                |
| 330                         |                  |                     |                    |                |
| 470                         |                  |                     |                    |                |
| 820                         |                  |                     |                    |                |
| 1k                          |                  |                     |                    |                |
| 1.2k                        |                  |                     |                    |                |
| 2.2k                        |                  |                     |                    |                |
| 3.3k                        |                  |                     |                    |                |
| 4.7k                        |                  |                     |                    |                |
| 5.6k                        |                  |                     |                    |                |
| 6.8k                        |                  |                     |                    |                |
| 7.8k                        |                  |                     |                    |                |
| 10k                         |                  |                     |                    |                |
| 12k                         |                  |                     |                    |                |
| 13.3k                       |                  |                     |                    |                |
| 15k                         |                  |                     |                    |                |

---

## ΑΣΚΗΣΗ 7

---

# Γέφυρα του Wheatstone

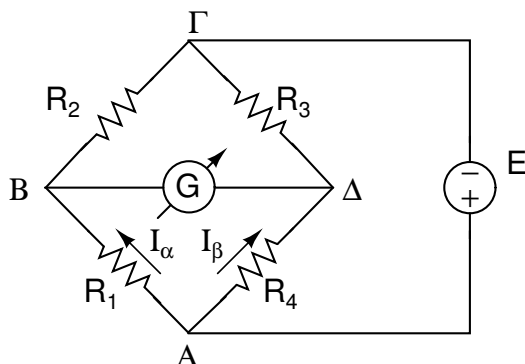
---

Περιεχόμενο: Γέφυρα του Wheatstone.

Όργανα - υλικά: Γέφυρα Wheatstone, γέφυρα χορδής, πηγή τροφοδοσίας, πολύμετρο.

---

### 7.1 Θεωρία



Σχήμα 7.1:

Στη συνδεσμολογία του Σχ. 7.1 μια από τις αντιστάσεις μεταβάλλεται έως ότου το γαλβανόμετρο G να μηδενιστεί. Τότε  $I_{B\Delta} = 0$ , και επομένως:

$$U_{AB} = I_{\alpha} R_1 \quad U_{A\Gamma} = I_{\alpha} (R_1 + R_2) \quad (7.1)$$

$$U_{A\Delta} = I_{\beta} R_4 \quad U_{A\Gamma} = I_{\beta} (R_3 + R_4) \quad (7.2)$$

Διαιρώντας τις (7.1) κατά μέλη

$$\frac{U_{AB}}{U_{A\Gamma}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (7.3)$$

ενώ διαιρώντας τις (7.2)

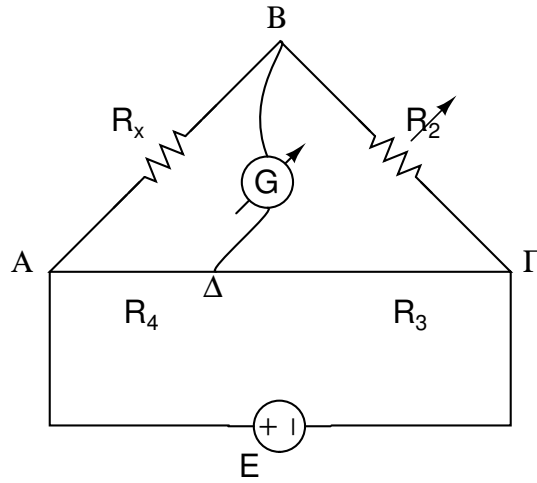
$$\frac{U_{A\Delta}}{U_{A\Gamma}} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (7.4)$$

Επειδή όμως  $U_{B\Delta} = 0$  έχουμε  $U_{AB} = U_{A\Delta}$  (γιατί;) οπότε:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \implies \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \quad (7.5)$$

Η σχέση (7.5) αποτελεί τη συνθήκη ισορροπίας της γέφυρας. Αν η  $R_1 = R_x$  είναι άγνωστη παίρνουμε:

$$R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3} \quad (7.6)$$



Σχήμα 7.2:

Στη γέφυρα με χορδή (Σχ.7.2) οι αντιστάσεις  $R_3, R_4$  έχουν αντικατασταθεί από τα τμήματα  $\Gamma\Delta$  και  $A\Delta$  μιας χορδής. Επειδή είναι:

$$R_3 \rightarrow C_{\Gamma\Delta} \quad R_4 \rightarrow C_{A\Delta}$$

προκύπτει:

$$R_x = \frac{R_2 \cdot C_{A\Delta}}{C_{\Gamma\Delta}} \quad (7.7)$$

## 7.2 Διαδικασία

Η γέφυρα που σας δίνεται είναι η του Σχ. 7.1 και  $R_4 = R_x$ . Αφού γίνει έλεγχος στη γέφυρα να πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες συνδέσεις.

Για ένα οποιαδήποτε  $R_x$ , προσπαθούμε να ισορροπήσουμε τη γέφυρα. Ισορροπία επιτυγχάνεται όταν πιέζοντας το PRESS TO TEST η βελόνα δείξει τη μεσαία γραμμή του οργάνου. Αν αποκλίνει δεξιά ή αριστερά αυξήστε ή ελαττώστε την  $R_3$ .

1. Να μετρηθούν οι ωμόμετρο οι  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$
2. Τα αποτελέσματα να γραφούν στον Πίνακα 7.1.
3. Να γίνει έλεγχος στη γέφυρα χορδής. Η γέφυρα είναι η του Σχ. 7.2,  $R_1 = R_x$ . Ισορροπία επιτυγχάνεται όπως και στην προηγούμενη γέφυρα αλλά αντί να μεταβάλλουμε την  $R_3$  μετακινούμε το δρομέα πάνω στη χορδή δεξιά ή αριστερά.
4. Να μετρηθούν οι αντιστάσεις για διάφορες τιμές της  $R_2$  όπως στον Πίνακα 7.2. Για τις τιμές αυτές να υπολογιστεί η μέση τιμή κάθε αντίστασης.
5. Οι παραπάνω αντιστάσεις να μετρηθούν με πολύμετρο.
6. Να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων.



Πίνακας 7.1:

| $R_1$ [ $\Omega$ ] | $R_2$ [ $\Omega$ ] | $R_3$ [ $\Omega$ ] | $R_4$ [ $\Omega$ ] | $R_5$ [ $\Omega$ ] | $R_6$ [ $\Omega$ ] |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                    |                    |                    |                    |                    |                    |

Πίνακας 7.2: Όλες οι τιμές σε  $\Omega$

| $R_2$<br>(μεταβλητή) | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | Μέση τιμή |
|----------------------|-----|------|------|------|------|-----------|
| $R_1$                |     |      |      |      |      |           |
| $R_2$                |     |      |      |      |      |           |
| $R_3$                |     |      |      |      |      |           |
| $R_4$                |     |      |      |      |      |           |
| $R_5$                |     |      |      |      |      |           |
| $R_6$                |     |      |      |      |      |           |

Πίνακας 7.3:

| $R_1$ [ $\Omega$ ] | $R_2$ [ $\Omega$ ] | $R_3$ [ $\Omega$ ] | $R_4$ [ $\Omega$ ] | $R_5$ [ $\Omega$ ] | $R_6$ [ $\Omega$ ] |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                    |                    |                    |                    |                    |                    |



---

## ΑΣΚΗΣΗ 8

---

# Μέτρηση τάσης και συχνότητας με παλμογράφο

---

Περιεχόμενο: Μέτρηση τάσης και συχνότητας (απ' ευθείας).

Όργανα - υλικά: Παλμογράφος, γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων, πολύμετρο.

---

### 8.1 Θεωρία

Μια συνάρτηση  $y = y(t)$  λέγεται αρμονική συνάρτηση του χρόνου, όταν μπορεί να πάρει τη μορφή:

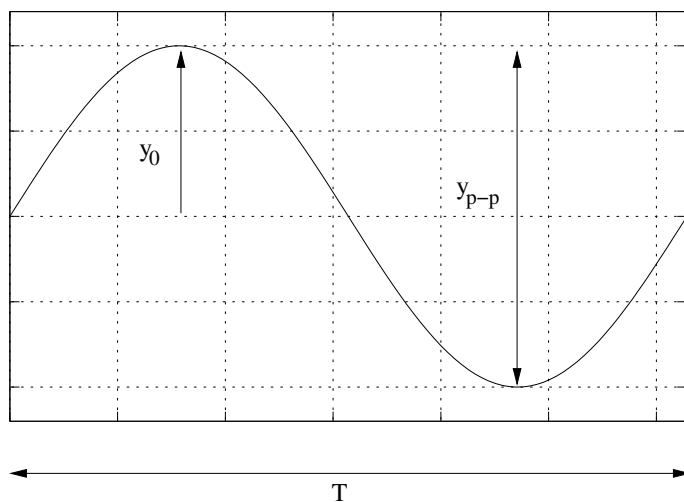
$$y = y_0 \sin(\omega t + \theta)$$

όπου  $\phi = \omega t + \theta$  η φάση της συνάρτησης,  $\omega = d\phi/dt$  η κυκλική συχνότητα και  $\theta$  η αρχική φάση.

Ισχύουν οι σχέσεις:  $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$  όπου  $T$  η περίοδος και  $f$  η συχνότητα.

Το διάγραμμα της  $y = y(t)$  αποτελεί ημιτονοειδή κυματομορφή με τα εξής χαρακτηριστικά:

- $y_0$  : πλάτος
- $y = y_0/\sqrt{2}$  : ενεργός τιμή
- $y_{p-p} = 2y_0$  : πλάτος από κορυφή σε κορυφή
- $T = 1/f$  : περίοδος



Σχήμα 8.1: Διάγραμμα ημιτονοειδούς κυματομορφής.

#### Σημείωση:

Το βολτόμετρο μετράει ενεργό τιμή ενώ ο παλμογράφος μετράει τάση από κορυφή σε κορυφή ή  $U_{p-p}$ .

**Παράδειγμα:**

Το Volt/cm του παλμογράφου είναι τοποθετημένο στο 2. Με το βολτόμετρο μετράμε στα άκρα της γεννήτριας  $Y = 4$  Volt. Αν τώρα συνδέσουμε στην είσοδο του παλμογράφου την τάση της γεννήτριας θα προκύψει:

$$U_{p-p} = 2\sqrt{2} \cdot Y = 2\sqrt{2} \cdot 4 = 11.31 \text{ Volt}$$

Άρα βλέπουμε στην οθόνη απόκλιση:

$$U_{p-p} = \frac{11.31 \text{ Volt}}{2 \text{ Volt/cm}} = 5.66 \text{ cm}$$

**8.2 Διαδικασία****A. Μέτρηση τάσης.**

1. Γράψτε την περιοχή συχνοτήτων που μπορεί να δώσει η γεννήτρια συχνοτήτων που θα χρησιμοποιήσετε:

Από: \_\_\_\_\_ Μέχρι: \_\_\_\_\_

2. Με τη βάση χρόνου στη θέση EXT.X τροφοδοτήστε το κανάλι  $Y_1$  του παλμογράφου από γεννήτρια συχνοτήτων με ημιτονοειδές σήμα συχνότητας 1 kHz. Ενισχυτής καθέτου αποκλίσεως στη θέση 0.2. Για διάφορες τιμές της τάσεως του σήματος αυτού (που μετράμε με ένα βολτόμετρο στους ακροδέκτες της γεννήτριας) μετρήστε στην οθόνη την απόκλιση της δέσμης σε cm και συμπληρώστε τον Πίνακα 8.1.
3. Να χαραχθεί η  $U_{p-p} = f(Y)$ .
4. Ρυθμίστε τη γεννήτρια συχνοτήτων, να δίνει μέγιστη τάση στην έξοδο. Εφαρμόστε την τάση αυτή και στα δύο κανάλια  $Y_1, Y_2$  του παλμογράφου.  
Ενισχυτής κατακόρυφου απόκλισης  $Y_1$  0.5 Volt/cm.  
Ενισχυτής κατακόρυφου απόκλισης  $Y_2$  0.5 Volt/cm.  
Βάση χρόνου 0.5 ms/cm.  
Τι παρατηρούμε στην οθόνη του παλμογράφου;

**B. Μέτρηση συχνότητας.**

Η μέτρηση συχνότητας με παλμογράφο γίνεται με δύο μεθόδους. (α) Απ' ευθείας. (β) Με σύγκριση.

**(α) Απ' ευθείας**

Μετράμε το μήκος μιας περιόδου του σήματος. Το μήκος αυτό πολ/σιάζεται με την ένδειξη της βάσης χρόνου. Αυτό είναι η περίοδος του σήματος. Η συχνότης είναι  $f = 1/T$ .

**Παράδειγμα:**

Το μήκος μιας περιόδου δοθέντος σήματος είναι 2 cm. Η βάση χρόνου δείχνει 0.5 ms/cm.

Η περίοδος είναι:  $T = 2 \text{ cm} \cdot 0.5 \text{ ms/cm} = 1 \text{ ms}$

Η συχνότητα είναι:  $f = 1/T = 1/10^{-3} = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$

5. Εφαρμόστε στο κανάλι  $Y_1$  ημιτονοειδές σήμα συχνότητας 1 kHz και τη βάση χρόνου 0.5 ms/cm. Ο ενισχυτής κατακόρυφου απόστασης να είναι σε θέση που να γίνεται το σήμα εύκολο για μέτρηση. Να συμπληρωθεί ο Πίνακας 8.2 όπου  $T_\mu$ : περίοδος από μέτρηση,  $T_\nu$ : περίοδος από υπολογισμό.

Πίνακας 8.1:

| $U$ [V]<br>ένδειξη βολτ | $U_{p-p} = 2\sqrt{2}U$ [V]<br>(υπολογίζεται) | $Y$ [cm]<br>απόκλιση |
|-------------------------|--|----------------------|
| 0.4                     |  |                      |
| 1                       |  |                      |
| 1.4                     |  |                      |
| 1.6                     |  |                      |
| 1.8                     |  |                      |
| 2                       |  |                      |
| 2.4                     |  |                      |
| 2.8                     |  |                      |
| 3                       |  |                      |
| 3.2                     |  |                      |

Πίνακας 8.2:

| Ένδειξη<br>συχνότητας<br>γεννήτριας | $X$ [cm] | TIME/cm | $T_{\mu}(X \cdot \text{TIME}/\text{cm})$ | $T_v$ |
|-------------------------------------|----------|---------|--|-------|
| 1 kHz                               |          | 0.5     |  |       |
| 1 kHz                               |          | 0.2     |  |       |
| 1 kHz                               |          | 1       |  |       |
| 3 kHz                               |          | 0.5     |  |       |
| 3 kHz                               |          | 0.2     |  |       |
| 3 kHz                               |          | 1       |  |       |

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

# Παλμογράφος

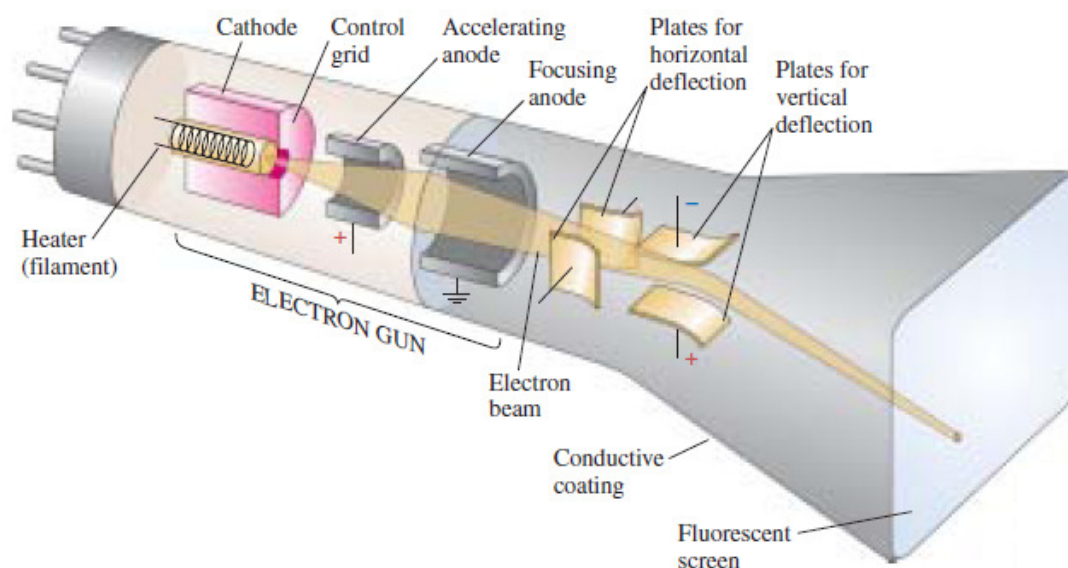
---

Περιεχόμενα: Βασικές αρχές Παλμογράφου

Όργανα - υλικά: Αναλογικός Παλμογράφος.

---

### A.1 Θεωρία



Σχήμα A.1: Σωλήνας Braun / CRT (Cathode Ray Tube)

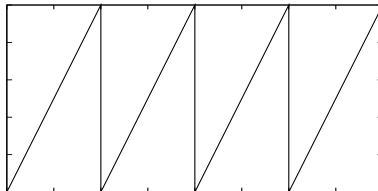
Στο παραπάνω σχήμα A.1, (<http://wps.aw.com/wps/media/objects/877/898586/topics/topic07.pdf> Pearson Education) φαίνεται ο καθοδικός σωλήνας, το βασικό στοιχείο ενός αναλογικού παλμογράφου. Η κάθοδος (Cathode) περιέχει ένα θερμαινόμενο σύρμα (Heater/filament) που εκπέμπει δέσμη ηλεκτρονίων με πυκνότητα που ορίζεται από το οδηγό πλέγμα (Control grid). Η δέσμη επιταχύνεται και εστιάζεται από την επιταχύνουσα και εστιάζουσα άνοδο (Accelerating and Focusing anode) και πέφτει πάνω σε μια φθορίζουσα οθόνη (Fluorescent screen), στην οποία αφήνει σημειωκή κηλίδα στο κέντρο της. Τα πλακίδια οριζοντίου και κατακορύφου αποκλίσεως (Plates for horizontal and vertical deflection) με τη δράση καταλλήλων ηλεκτροστατικών πεδίων κάνουν τη δέσμη να κινείται και να αφήνει στη οθόνη κινούμενο φωτεινό ίχνος.

Αν η συχνότητα μεταβολής του ηλεκτροστατικού πεδίου είναι μεγαλύτερη από 25 Hz, ο οφθαλμός παρατηρεί μιά φωτεινή γραμμή πάνω στην οθόνη.

### A.1.1 Πλακίδια οριζοντίας απόκλισης

Το πόσο θα αποκλίνει η δέσμη από το κέντρο της εξαρτάται: από τη ταχύτητα των ηλεκτρονίων, την τάση που εφαρμόζουμε στα πλακίδια, τη γεωμετρία των πλακιδίων και την απόσταση πλακιδίων-οθόνης. Η οριζόντια απόκλιση της δέσμης επιτυγχάνεται είτε με τη βοήθεια εξωτερικού σήματος, είτε με τη βοήθεια εσωτερικού σήματος που παίρνουμε από το κύκλωμα της βάσεως χρόνου (TIME BASE), κύκλωμα που κάθε παλμογράφος έχει εσωτερικά.

Η κυματομορφή του σήματος αυτού είναι πριονωτή δηλ. τάση ανάλογη προς το χρόνο, οπότε η δέσμη σαρώνει την οθόνη με ταχύτητα που ρυθμίζεται από το χειριστή. Έτσι η κηλίδα κινείται οριζόντια με ομοιόμορφο ρυθμό.



Σχήμα A.2: Η πριονωτή τάση που συνήθως εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζοντίας απόκλισης.

### A.1.2 Πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης

Αν εφαρμοστεί μια τάση στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης παίρνουμε στην οθόνη τη τάση αυτή σαν συνάρτηση της πριονωτής τάσης που εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζοντίας απόκλισης. Επειδή η τελευταία είναι ανάλογη του χρόνου, παίρνουμε στην οθόνη την τάση των πλακιδίων κατακόρυφης απόκλισης σαν συνάρτηση του χρόνου.

### A.1.3 Ενισχυτές

Η τάση που απαιτείται για την απόκλιση της δέσμης είναι συνήθως μεγαλύτερη από τις τάσεις που θέλουμε να μετρήσουμε. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ενισχυτές για να μεγαλώσουν το σήμα εισόδου.

### A.1.4 Probes



Σχήμα A.3: Φωτογραφία probe και ο διαιρέτης τάσεώς του.

Τα probes χρησιμεύουν για τη σύνδεση του μετρούμενου σήματος με τον παλμογράφο. Ένας παλμογράφος έχει συνήθως αντίσταση εισόδου  $1\text{ M}\Omega$ . Το probe αυξάνει την αντίσταση εισόδου στα  $10\text{ M}\Omega$  και δημιουργεί συγχρόνως ένα διαιρέτη τάσης (ή εξασθενητή) που μικραίνει το σήμα εισόδου κατά 10 φορές ( $10\times$ ). Γιαυτό η ένδειξη του παλμογράφου πρέπει μετά να πολλαπλασιαστεί επί 10.

### A.1.5 Περισσότερες πληροφορίες

Ο παλμογράφος που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο είναι ο HAMEG 205-3. Μπορείτε να ψάξετε για το εγχειρίδιο του κατασκευαστή στην ιστοσελίδα του <http://www.hameg.com> ή από τη σελίδα του εργαστηρίου (αντίγραφο στα αγγλικά).