

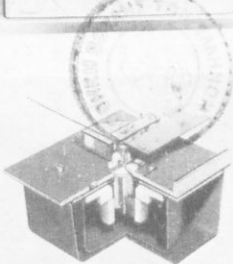
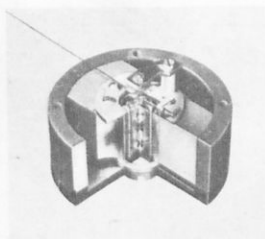
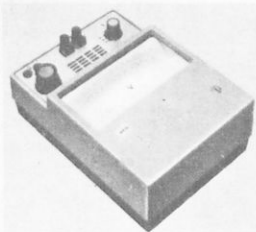


Α' Τεχνικού και Έπαγγελματικού Λυκείου

# ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Σ. Κοντοράβδη

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ Μ.Σ.





ΦΣΣ

3

ΕΒ

Κοντοραβδη Σ.



Α' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ  
ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

# ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Σ. ΚΟΝΤΟΡΑΒΔΗ  
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΜΕΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ Μ.Σ.

ΑΘΗΝΑ  
1978



002  
WNE  
ETOB  
2124

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΝ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ  
ΕΔΩΚΗΘΕΝ  
*4 Δοκίμια Ειρηόδοτου*  
αδ. αριθ. είσαγ. 1061 τού έτους 1978

### ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καὶ σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἀρτία κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγὴ, θά ἦταν ἀναγκαῖος καὶ ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ "Ἐθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναιοφρόνα πράξιν εὐεργεσίας, νὰ κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος πού θά εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

"Ἐτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956 συστήθηκε τὸ «Ἰδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποίου τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερον ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. Ὅμως ἀπ' αὐτὰς ἡ σημαντικότερη, πού κριθῆκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρώτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἐκδοσὴ βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὰς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερον ἐκδόθησαν 150 τόμοι βιβλίων, πού ἔχουν διατεθεῖ σὲ πολλὰ ἑκατομμύρια τεύχη, καὶ καλύπτουν ἀνάγκες τῶν Κατώτερων καὶ Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὄργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἐργατικῶν Δυναμικῶν (ΟΑΕΔ) καὶ τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καὶ εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψη ὅχι μόνον ἐπιστημονικὴ, παιδαγωγικὴ καὶ γλωσσικὴ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ἀποψη ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καὶ παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σὲ πολλὰς ἐπεξεργασίας καὶ βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδοσὴν.

Ἰδιαίτερη σημασίαν ἀπέδωσε τὸ "Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴν στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιατί πιστεύει ὅτι καὶ τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα ἀρτία καὶ ὁμοίομορφη ἀλλὰ καὶ κατάλληλη γιὰ τὴν στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νὰ συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγώγησιν τῶν μαθητῶν.

"Ἐτσι μὲ ἀπόφασιν πού πάρηκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὰς Σχολὰς, ὅπως ἀργότερα καὶ γιὰ τίς Σχολὰς τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδου, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ καθαρεύουσα. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλόλογους τοῦ Ἰδρύματος καὶ ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξιν καὶ ὀρολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαισθητὴ σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στίς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι ὑποχρέωσή του, σύμφωνα μὲ τὸ πνεῦμα τοῦ ἰδρυτῆ του, νὰ θέσῃ στὴν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἐκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικὲς καὶ Ἐπαγγελματικὲς Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικὰ καὶ Ἐπαγγελματικὰ Λύκεια, σύμφωνα μὲ τὰ Ἀναλυτικὰ Προγράμματα τοῦ Κ.Ε.Μ.Ε.

Τὰ χρονικὰ περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νὰ παρουσιάσουν ἀτέλειες στὴ συγγραφή ἢ στὴν ἐκτύπωση, ποὺ θὰ διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἐκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὄλων ὧν θὰ χρησιμοποιοῦσιν τὰ βιβλία, ὥστε νὰ μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νὰ συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς, Ὁμ. Καθηγητῆς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ.-Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Διοικητῆς Ο.Τ.Ε., Ἀντιπρόεδρος.

Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητῆς ΕΜΠ, Διοικητῆς ΔΕΗ.

Παναγιώτης Χατζηγιάννου, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντῆς Ἐπαγ/κῆς Ἐκπ. Ὑπ. Παιδείας.

Ἐπιστημ. Σύμβουλος, Γ. Ροῦσσος, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος, Κ. Α. Μανάφης, Μόν. Ἐπικ. Καθηγητῆς

Παν/μίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, Δ. Π. Μεγαρίτης.

#### Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδῆς † (1955 - 1959) Καθηγητῆς ΕΜΠ, Ἀγγελος Καλογεράς † (1957 - 1970)

Καθηγητῆς ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιαν (1957 - 1965) Καθηγητῆς ΕΜΠ, Μιχαὴλ Σπεταιιέρης (1956 - 1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960 - 1967) Θεόδωρος Κουζέλης (1968 - 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

## ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Σκοπός των Έργαστηριακών Άσκήσεων είναι η πειραματική επαλήθευση της θεωρίας, η απόκτηση τεχνικής πείρας, τόσο στη χρήση των ποικίλων οργάνων, όσο και στη συνδεσμολογία κυκλωμάτων, καθώς και η δημιουργία τεχνικής συνειδησέως, γιά τήν κατανόηση καί λύση διαφόρων σχετικών προβλημάτων.

Γιά τή σωστή εκτέλεση των ασκήσεων απαιτείται η μελέτη του θεωρητικού τους μέρους σύμφωνα μέ τή θεωρία πού προηγείται σέ κάθε άσκηση καί μέ τίς σχετικές οδηγίες καί παραπομπές σέ βιβλία, πού σέ κάθε περίπτωση μπορεί νά δίνει ο καθηγητής. Θεωρείται απαραίτητο ο μαθητής νά έχει από πρίν κατανοήσει τό θέμα, πού πραγματεύεται η άσκηση, πού πρόκειται νά εκτελεσθεί γιατί, άν τό θέμα είναι πλήρως γνωστό, η διεξαγωγή τής άσκήσεως πραγματοποιείται άνετα καί οι θεωρητικές έρωτήσεις, πού υποβάλλονται στό τέλος τής άσκήσεως, είναι δυνατόν νά άπαντηθούν όρθά.

Έπίσης ο άσκούμενος μαθητής πρέπει νά γνωρίζει τήν όρθή χρήση των οργάνων μετρήσεως καί έλέγχου, πού θά χρησιμοποιήσει. Η έσωτερική κατασκευή καί η λειτουργία των οργάνων αυτών εξηγούνται μέ λεπτομέρειες σέ ειδικές άσκήσεις του βιβλίου αυτού. Όσοι όμως νά πραγματοποιηθούν οι ειδικές άσκήσεις περί των οργάνων, όλοι οι μαθητές πρέπει νά θυμούνται ότι:

1. Η τοποθέτηση των άκροδεκτών οίουδήποτε οργάνου (άμπερομέτρου, βολτομέτρου κλπ.) στό σημεία, στό όποία πρόκειται νά πραγματοποιηθεί η μέτρηση, πρέπει νά γίνεται μέ προσοχή καί μέ τήν όρθή πολικότητα, στην περίπτωση πού μετρούμε συνεχές μέγεθος.

2. Δέν επιτρέπεται τά δάχτυλα νά άγγίζουν τά μεταλλικά μέρη των άκροδεκτών.

3. Καλό είναι νά άποφεύγεται η ταυτόχρονη τοποθέτηση καί των δύο άκροδεκτών, στό πρός μέτρηση σημεία χρησιμοποιώντας καί τά δύο χέρια. Πρέπει πρώτα νά τοποθετείται καί νά στερεώνεται ο ένας άκροδέκτης καί έπειτα ο άλλος.

4. Δέν πρέπει νά επιχειρείται μέτρηση άντιστάσεως μέ ώμόμετρο σέ κύκλωμα, πού βρίσκεται υπό τάση. **Τό ώμόμετρο χρησιμοποιείται μόνο σέ κυκλώματα εκτός τάσεως.**

5. Γιά τή μέτρηση ρεύματος διακόπτεται τό κύκλωμα σέ ένα σημείο καί παρεμβάλλεται τό άμπερόμετρο έν σειρά στό κύκλωμα.

6. Προκειμένου νά διακοπεί ένα κύκλωμα, γιά νά παρεμβληθεί άμπερόμετρο πρός μέτρηση τής έντάσεως του ρεύματος στό σημείο αυτό, πρέπει νά διακόπτεται προηγουμένως η παροχή ρεύματος μέ τό διακόπτη του κυκλώματος η, καλύτερα, νά άποσυνδέεται ο ρευματολήπτης (φίς) συσκευής πού έλέγχουμε από τό ρευματοδότη (πρίζα).

7. Έάν ένα όργανο χρησιμοποιείται γιά πρώτη φορά, πρέπει προηγουμένως νά έξετάζεται μέ λεπτομέρεια, νά αναγνωρίζονται όλες οι κλίμακες καί τά ιδιαίτερά του χαρακτηριστικά.

### Σφάλματα κατά τις Μετρήσεις.

Σέ όλες τίς μετρήσεις γίνονται σφάλματα πού όφείλονται σέ διάφορες αίτιες. Στίς μετρήσεις πού απαιτούνται κατά τή διεξαγωγή τών άσκήσεων αυτού του βιβλίου, τά **μικρά** σφάλματα, πού θά συμβούν είτε έπειδή ή ποιότητα κάποιου όργάνου δέν ήταν καλή, είτε έπειδή δέν έγινε σωστά ή ανάγνωση τών ένδειξεων τών όργάνων μετρήσεως από τούς μαθητές, δέν παίζουν σημαντικό ρόλο στή βασική επιδίωξη του σκοπού για τόν όποιο διεξάγονται αυτές οι άσκήσεις, όπως στήν άρχή καθορίζεται.

Πάντως όσοι θά άκολουθήσουν τίς ειδικότητες Ήλεκτρολόγου ή Ήλεκτρονικού, μέχρι πού νά διδαχθούν στίς επόμενες τάξεις του Λυκείου τά περί σφαλμάτων κατά τίς μετρήσεις, πρέπει νά γνωρίζουν ότι οι αίτιες τών σφαλμάτων όφείλονται:

α) Στίς άτέλειες του ίδιου του όργάνου, τόσο του βασικού, όσο και τών επί μέρους κυκλωμάτων του· οι άτέλειες αυτές κυρίως όφείλονται στήν ποιότητα τών υλικών κατασκευής τών όργάνων.

Πάντως τά όργανα ένδειξεων μέ κινητή βελόνα πρέπει νά χρησιμοποιούνται (άν αυτό είναι δυνατό) σέ τέτοια κλίμακα, ώστε ή ένδειξη τους νά δίνεται στό τελευταίο τρίτο της κλίμακας· τότε ή ακρίβεια είναι μεγαλύτερη.

β) Σέ έξωτερικές επιδράσεις, όπως ή θερμοκρασία, ή ύγρασία, οι επιδράσεις ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων κλπ.

γ) Στή μέθοδο πού χρησιμοποιείται κατά τή μέτρηση. Ύπάρχουν περιπτώσεις κατά τίς όποιες ή μέθοδος πού χρησιμοποιείται σέ μία μέτρηση (τρόπος συνδεσμολογίας τών όργάνων και επιδράσεις από τό ένα στό άλλο) εισάγει ένα αναπόφευκτο σφάλμα και τό μόνο πού μπορούμε νά κάνουμε είναι νά τό ελαττώσουμε όσο γίνεται περισσότερο.

δ) Στή μη σωστή χρησιμοποίηση του όργάνου από τόν άσκούμενο, π.χ. κακή έκλογή κλίμακας, λανθασμένη τοποθέτηση του όργάνου (οριζόντια ή κάθετα) και τέλος μη όρθή ανάγνωση τών ένδειξεων από τό μαθητή.

### Ή σειρά εργασίας για τήν έκτέλεση κάθε άσκήσεως.

—Πρίν από όποιαδήποτε συνδεσμολογία έκλέγεται ή θέση τών συσκευών και τών όργάνων της άσκήσεως επάνω στον πάγκο εργασίας έτσι, ώστε και οι συνδέσεις νά διευκολύνονται και νά γίνεται άνετα ή ανάγνωση τών ένδειξεων τών όργάνων από όλους τούς μαθητές της ομάδας.

—Άκολουθεί ό έλεγχος της δυνατότητας κάθε όργάνου νά έξυπηρετήσει στή συγκεκριμένη μέτρηση και έκλέγεται ή κατάλληλη κλίμακα. Άκολουθως:

α) Γίνεται ή συνδεσμολογία από τήν άσκούμενη ομάδα, χωρίς όμως νά εφαρμοσθεί καμία τάση στό κύκλωμα.

β) Ή συνδεσμολογία έλέγχεται από τόν καθηγητή του Ήργαστηρίου.

γ) Ή Εφ' όσον ή συνδεσμολογία είναι όρθή και δοθεί έγκριση του καθηγητή, εφαρμόζεται τάση στό κύκλωμα.

—Μόλις εφαρμοσθεί τάση, έλέγχονται οι δείκτες τών όργάνων μήπως ή απόκλιση τους υπερβαίνει τά όρια της κλίμακας, όποτε τά όργανα κινδυνεύουν. Ήάν συμβαίνει αυτό, πρέπει νά διακοπεί άμέσως ή τάση πού εφαρμοσθηκε και νά ειδοποιηθεί ό καθηγητής.

—Όταν ή συνδεσμολογία θά έχει γίνει κανονικά, έκτελούνται μέ προσοχή οι μετρήσεις.



—Μετά τὴν ἐκτέλεση τῶν μετρήσεων, τίς ὁποῖες ζητεῖ ἡ ἀσκήση, ἀποσυνδέεται ἡ πηγή, γίνονται οἱ ζητούμενοι ὑπολογισμοί, χαράζονται, ἂν ζητοῦνται, τὰ σχετικὰ διαγράμματα ἢ καμπύλες καί, ἂν τὰ ἀποτελέσματα ἱκανοποιῦν, ἀκολουθεῖ ἡ πλήρης ἀποσύνδεση τοῦ κυκλώματος. Διαφορετικά οἱ μετρήσεις ἐπαναλαμβάνονται.

—Οἱ μετρήσεις οὐδέποτε πρέπει νὰ γίνονται ἀπὸ ἓνα μόνο ἀσκούμενο. Ὅλοι οἱ μαθητές κάθε ὁμάδας ἐπιβάλλεται νὰ ἐκτελοῦν ἐκ περιτροπῆς τίς μετρήσεις ἀπὸ τὴν πρώτη ἤδη ἀσκήση.

—Μιά περιγραφή τῆς ὅλης ἐργασίας τῆς ἀσκήσεως, γραμμένη κατὰ τὴ σειρά τῆς ἐκτελέσεως στὸ τετράδιο, μὲ τίς μετρήσεις καί τὰ διαγράμματα καλὰ τακτοποιημένα, εἶναι ἡ ἀπαραίτητη συμπλήρωση τῆς ἐργασίας τοῦ ἐργαστηρίου.

Στὴν περιγραφή αὕτη πρέπει:

- α) Ὁ μαθητὴς νὰ περιγράφει μὲ λίγα λόγια τὴ θεωρία τῆς ἀσκήσεως.
- β) Νὰ σχεδιάζει ἓνα πλῆρες καί καθαρό κύκλωμα τῆς συνδεσμολογίας.
- γ) Νὰ ἀναφέρει τὰ ὄργανα, πού χρησιμοποιήθηκαν γιὰ τίς μετρήσεις καί, μὲ συντομία, νὰ περιγράφει τὰ ἰδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε ὄργανου.
- δ) Ἐὰν οἱ μετρήσεις ἐκφράζουν μιά μεταβαλλόμενη κατάσταση, πού μπορεῖ νὰ παρασταθεῖ μὲ γραφικὴ μέθοδο, χαράζει τὴ σχετικὴ χαρακτηριστικὴ καμπύλη μὲ ἐπεξηγηματικὲς σημειώσεις.
- ε) Πρέπει νὰ προβαίνει ἐπίσης σὲ σύγκριση τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν μετρήσεων πρὸς τὴ θεωρία καί νὰ δικαιολογεῖ τίς διαφορὲς, πού τυχόν προκύπτουν.
- στ) Ὅλες οἱ ἀπαντήσεις στίς ἐρωτήσεις πρέπει νὰ εἶναι πλήρεις. Νὰ δικαιολογεῖ ἐπαρκῶς ὅσα γράφει καί νὰ ἀποφεύγει τὰ ἀπλά «ναί» ἢ «ὄχι».

#### Ὁ μαθητὴς στὸ ἐργαστήριον.

Τέλος ἡ συμπεριφορὰ τῶν μαθητῶν στὸ Ἐργαστήριον πρέπει νὰ εἶναι ἰδιαίτερα προσεκτικὴ. Μιά ἀπροσεξία ἢ συνηθισμένη μαθητικὴ ἀμέλεια πιθανόν νὰ προκαλέσει ζημιὲς στὰ χρησιμοποιούμενα ὄργανα καί ἠλεκτροπληξίαι στοὺς ἀσκούμενους.

Ὅποιοσδήποτε ἐργάζεται μὲ τὸν ἠλεκτρισμὸ διατρέχει κινδύνους, ὅταν δὲν προσέχει. Οἱ μαθητές πρέπει νὰ ἐκτελοῦν μόνο ὅ,τι ζητεῖ ἡ ἀσκήση. Νὰ μὴ ἐγκαταλείπουν τὴν ὁμάδα, στὴν ὁποία ἐργάζονται, οὔτε τὸ Ἐργαστήριον χωρὶς ἀδεια τοῦ καθηγητῆ τους, οὔτε νὰ πειραματίζονται σὲ ἄλλα θέματα, ἐκτός ἀπὸ ἐκεῖνα πού ζητεῖ ἡ ἀσκήση τῆς ἡμέρας.

Σὲ πολλές ἀσκήσεις χρησιμοποιοῦνται μεγάλες τάσεις. Ἀπαιτεῖται λοιπὸν ἰδιαίτερη προσοχή. Μιά τάση ἀκόμα καί 60 βόλτ, μπορεῖ νὰ εἶναι ἐπικίνδυνη γιὰ τὸν ἄνθρωπο, τὸ δὲ μέγεθος τοῦ κινδύνου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τίς εἰδικὲς περιστάσεις πού ἐπικρατοῦν κάθε φορὰ. Ὁ Κανονισμὸς τῶν Ἐσωτερικῶν Ἡλεκτρικῶν Ἐγκαταστάσεων πού ἰσχύει σήμερα, στὸ ἄρθρο 8, παράγραφος 1.2α, «περὶ προστασίας ἐναντι τῶν ὑπὸ τάσιν στοιχείων» ὀρίζει:

«Τὸ διὰ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος δυνάμενον νὰ διέλθει ρεῦμα λόγω τάσεως ἐξ ἐπαφῆς, συχνότητος 50 περιόδων, νὰ μὴ ὑπερβαίνει τὰ 0,5 mA».

Δηλαδή, κατὰ τὸν κανονισμό, καί ρεῦμα ἐντάσεως 0,0005 τοῦ ἀμπέρ εἶναι ἐπικίνδυνο γιὰ τὸν ἄνθρωπο.

Ὅταν κανεὶς ἐργάζεται στὸ Ἐργαστήριον, πρέπει νὰ θυμᾶται πάντοτε ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα δὲν προειδοποιεῖ. Κυκλοφορεῖ ἀμέσως ἐκεῖ ὅπου βρῖσκει εὐκόλῃ διόδον. Προσοχή λοιπὸν, ὥστε νὰ μὴν ὑπάρξει ἐλεύθερη διόδος, μέσα ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινο σῶμα.

## ΑΣΚΗΣΗ 1

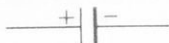
### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΣΕΩΣ

Τό όργανο πού χρησιμοποιείται γιά τή μέτρηση τής τάσεως τού ηλεκτρικού ρεύματος, συνεχούς ή εναλλασσομένου λέγεται **βολτόμετρο**. Μονάδα μετρήσεως τής τάσεως είναι τό **βόλτ** (volt, σύμβολο V). Μέχρι πού ό άσκούμενος νά συνηθίσει νά χρησιμοποιεί μέ εύχέρεια τά βολτόμετρα, άπαιτείται μεγάλη προσοχή, γιατί μία βιαστική καί όχι καλά μελετημένη συνδεσμολογία μπορεί νά προξενήσει ζημιές στό χρησιμοποιούμενα όργανα ή καί ηλεκτροπληξία στόν χειριζόμενο αὐτά.

Ένα είδος ηλεκτρικής πηγής συνεχούς ρεύματος γιά τήν παραγωγή μικρών τάσεων, καί κυρίως μικρών ρευμάτων, είναι τά ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία, περισσότερο γνωστά μέ τά όνόματα **σήτες** ή **μπαταρίες**.

Κάθε ηλεκτρικό στοιχείο κατασκευάζεται γιά νά παρέχει τάση 1,5 V μέ μικρή παροχή ρεύματος. Γιά τήν εξασφάλιση μεγαλύτερων τάσεων συνδέονται περισσότερα τέτοια βασικά στοιχεία έν σειρά. Συνδεσμολογία πολλών βασικών στοιχείων έν παράλληλω μεταξύ τους δίνει πηγή μέ τήν ίδια τάση πρός τό βασικό στοιχείο, μέ μεγαλύτερη όμως παροχή ρεύματος. Συνδυασμοί ηλεκτρικών στοιχείων έν σειρά καί έν παράλληλω εξασφαλίζουν διάφορες έπιθυμητές συνεχείς τάσεις καί ρεύματα.

Ό πιό συνηθισμένος τρόπος συμβολισμού ενός στοιχείου είναι ό έξής:



Η μεγάλη κάθετη γραμμή άντιστοιχεί στό θετικό πόλο (στό σύν) καί ή μικρή παχειά γραμμή στόν άρνητικό πόλο (στό πλήν).

Μέ τή βοήθεια τών οδηγίων πού δίνονται παρακάτω, καί μέ τόν έλεγχο τού καθηγητή τού Έργαστηρίου, νά πραγματοποιηθοῦν διάφοροι συνδυασμοί συνδεσμολογίας ηλεκτρικών στοιχείων καί νά μετρηθοῦν οί τάσεις, τίς όποιες παρέχουν οί συνδυασμοί αὐτοί. Έπίσης νά μετρηθεί ή τάση τού δικτύου τής πόλεως (εναλλασσόμενη τάση 220 V).

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά σχεδιασθοῦν στό τετράδιο οί διάφορες κλίμακες τάσεων τού βολτομέτρου τής άσκήσεως.
2. Ποιές οί περιοχές τάσεων, πού μπορεί νά μετρήσει κάθε κλίμακα τού βολτομέτρου;

3. Ποιά ή μέγιστη τάση, συνεχής ή εναλλασσόμενη, πού μπορεί νά μετρηθεί μέ τό βολτόμετρο τής άσκήσεως;

4. Νά μετρηθούν οι τάσεις τών διαφόρων ήλεκτρικών στοιχείων, τά όποία δίνονται στην άσκηση αύτή. Για κάθε μέτρηση πρέπει νά εκλέγεται ή κατάλληλη κλίμακα

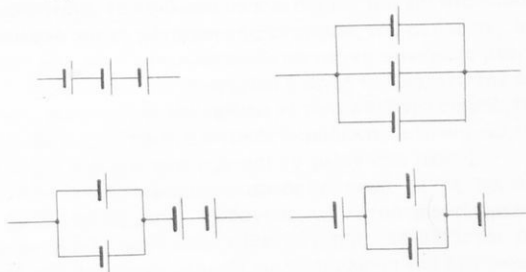
Κατά τήν έκλογή τής κλίμακας είναι άπαραίτητο νά λαμβάνεται ύπόψη ότι, για νά είναι ή ένδειξη περισσότερο άκριβής, πρέπει ό δείκτης (βελόνα) του όργάνου νά ήρμεύει στά τελευταία 2/3 τής χρησιμοποιούμενης κλίμακας.

Ή έκλογή τής κλίμακας εξαρτάται άπό τόν τύπο του βολτομέτρου και πραγματοποιείται μέ τήν όρθή τοποθέτηση του διακόπτη του όργάνου ή μέ τήν χρησιμοποίηση τών καταλλήλων ύποδοχών για τούς άκροδέκτες του. Ήπίσης ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην πολικότητα του όργάνου κατά τή συνδεσμολογία. Στο σχήμα 1.α εικόνιζεται ό όρθός τρόπος συνδέσεως του βολτομέτρου για τή μέτρηση συνεχούς τάσεως μιάς ήλεκτρικής πηγής.



Σχ. 1.α.

5. Νά πραγματοποιηθούν συνδυασμοί ήλεκτρικών στοιχείων, όπως όρίζουν τά σχέδια του σχήματος 1.β, και νά μετρηθούν μέ τά βολτόμετρα οι τάσεις, πού παρέχει κάθε συνδυασμός. Ήπίσης για κάθε συνδυασμό νά ύπολογισθεί ή παρεχόμενη τάση στά άκρα του. Νά γίνει σύγκριση τών άποτελεσμάτων τών δύο περιπτώσεων και νά δικαιολογηθούν οι διαφορές πού τυχόν προκύπτουν.



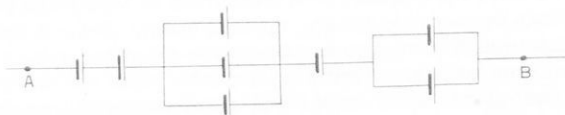
Σχ. 1.β.

6. Νά έκλεγεί ή κατάλληλη κλίμακα του βολτομέτρου για τή μέτρηση τής τάσεως του δικτύου τής πόλεως (έναλλασσόμενη τάση 220 V). Νά γίνει άπό τόν καθηγητή του Έργαστηρίου ό έλεγχος και ή έγκριση τής κλίμακας πού έκλέξατε και νά μετρηθεί ή τάση. Ήπίσης νά γίνουν μετρήσεις τών διαφόρων τάσεων συνεχών και έναλλασσομένων, πού παρέχονται άπό κάποια συσκευή του Έργαστηρίου.

7. Ποιά ή σχέση τάσεων και ρευμάτων πού παρέχονται άπό ήλεκτρικά στοιχεία, όταν αυτά συνδέονται έν σειρά ή έν παράλληλω μεταξύ τους;

8. Τι καλείται πολικότητα ηλεκτρικού στοιχείου και πώς ελέγχεται αυτή με το βολτόμετρο;

9. Νά υπολογισθεί (θεωρητικά, χωρίς συνδεσμολογίες στοιχείων) ή επικρατούσα τάση στα άκρα (A) και (B) του συνδυασμού του σχήματος 1.γ. Ή τάση κάθε στοιχείου είναι 1,5 V.



Σχ. 1.γ.

10. Αν τό όργανο πού χρησιμοποιείται στην άσκηση δέν είναι άπλό βολτόμετρο αλλά πολύμετρο, σημειώστε ποιά άλλα μεγέθη μπορεί νά μετρήσει αυτό.

## ΑΣΚΗΣΗ 2

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό όργανο, πού χρησιμοποιείται γιά τή μέτρηση τής έντασεως του ηλεκτρικού ρεύματος, συνεχούς ή εναλλασσομένου, λέγεται **άμπερόμετρο**. Μονάδα μετρήσεως τής έντασεως είναι τό **άμπέρ** (ampère, σύμβολο A).

Τά ηλεκτρικά κυκλώματα τών έγκαταστάσεων φωτισμού καί κινήσεως διαρρέονται γενικά από ρεύματα ίσχυρών έντασεων. Αντίθετα, στά μικρά ηλεκτρολογικά κυκλώματα, καθώς καί σέ όλα τά ραδιοτεχνικά καί γενικά τά ηλεκτρονικά, κυκλοφορουν συνήθως ρεύματα μικρής έντασεως. Γιά τό λόγο αυτό, έκτός από τό άμπέρ, χρησιμοποιούνται στίς έφαρμογές καί τά υποπολλαπλασιά του, τά όποία είναι:

α) Τό μιλλιαμπέρ: 1 άμπέρ (A) = 1000 μιλλιαμπέρ (mA).

β) Τό μικροαμπέρ: 1 άμπέρ (A) = 1.000.000 μικροαμπέρ (μA).

$$\text{Άρα } 1 \text{ mA} = 1000 \text{ } \mu\text{A}.$$

Γιά νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος σέ ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, τό άμπερόμετρο συνδέεται πάντοτε έν σειρά στό κύκλωμα αυτό. Έν σειρά σύνδεση σημαίνει ότι διακόπτεται τό κύκλωμα σέ ένα σημείο του καί στά άκρα τής διακοπής συνδέεται τό όργανο γιά τή μέτρηση τής έντασεως του ρεύματος, πού διέρχεται.

Στήν άσκηση μας αυτή χρησιμοποιούνται πηγές συνεχούς ρεύματος. Έπομένως κατά τή σύνδεση πρέπει νά προσεχθεί ή όρθη πολικότητα του άμπερομέτρου. Δηλαδή ό θετικός άκροδέκτης του πρέπει νά συνδεθεί στό σημείο, πού αντίστοιχεί στό θετικό πόλο τής πηγής καί ό άρνητικός άκροδέκτης στό σημείο, πού αντίστοιχεί στόν άρνητικό πόλο (τό σύν στό σύν καί τό μείον στό μείον).

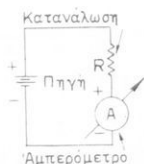
**Προσοχή.** Έάν τό άμπερόμετρο συνδεθεί κατά λάθος παράλληλα σέ ένα κύκλωμα πού βρίσκεται σέ τάση, κινδυνεύει νά καταστραφεί άμέσως.

Γιά τό λόγο αυτό, πρίν από κάθε μέτρηση, επιβάλλεται ό έλεγχος τής συνδεσμολογίας του άμπερομέτρου. Η συνδεσμολογία του όργάνου καί γενικά του όλου κυκλώματος, προτού αυτό συνδεθεί σέ μιά πηγή, πρέπει νά έλέγχεται επίσης από τόν καθηγητή του Έργαστηρίου, άνεξάρτητα από τή βεβαιότητα τών μαθητών ότι ή συνδεσμολογία πού εκτέλεσαν ήταν όρθή.

Άν τό άμπερόμετρο συνδεθεί μέ λανθασμένη πολικότητα, τότε ό δείκτης του όργάνου θά κτυπά στό άριστερό άκρο (άριστερό, όπως τό βλέπει ό μαθητής στό όργανο) τής κλίμακας. Σ' αυτή τήν περίπτωση πρέπει νά διακοπεί άμέσως τό κύκλωμα καί νά γίνει άλλαγή τών θέσεων τών άκροδεκτων του άμπερομέτρου.

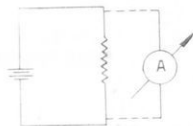
Η ένταση του ρεύματος, πού διαρρέει ένα κύκλωμα γνωστής άντιστάσεως, έξαρτάται από τήν τάση τής πηγής, ή όποία τροφοδοτεί τό κύκλωμα αυτό, καθώς καί

από την τιμή της αντίστασης. Όταν η τάση παραμένει σταθερή, η ένταση του ρεύματος είναι αντίστροφως ανάλογη προς την αντίσταση, την οποία παρουσιάζει η κατανάλωση του κυκλώματος. Δηλαδή, σε γνωστό κύκλωμα σταθερής πηγής κυκλοφορεί περισσότερο ρεύμα, όταν η αντίσταση καταναλώσεως είναι μικρή, και λιγότερο, όταν η αντίσταση είναι μεγάλη.



Σχ. 2.α.

Όρθη σύνδεση άμπερομέτρων (σύνδεση έν σειρά).



Σχ. 2.β.

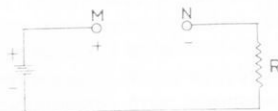
Λανθασμένη σύνδεση άμπερομέτρου (σύνδεση έν παραλλήλω).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (πηγή και κατανάλωση χωρίς άμπερόμετρο), όπως δείχνει τό σχήμα 2.γ (η πηγή είναι μικρής τάσεως, 1,5 ως 6 V).



Σχ. 2.γ.



Σχ. 2.δ.

2. Νά διακοπεί τό κύκλωμα πού κατασκευάσατε σέ ένα του σημείο, ώστε νά είναι δυνατή η συνδεσμολογία άμπερομέτρου (διακοπή στά σημεία M, N του σχήματος 2.δ).

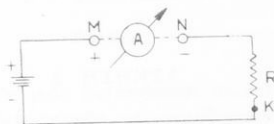
3. Άφού έλεγχθει πρώτα η πολικότητα του άμπερομέτρου ως προς τό κύκλωμα, νά συνδεσμολογηθεί αυτό στά σημεία (M) (N), όπως στό σχήμα 2.ε. Άν τό άμπερόμετρο διαθέτει κλίμακες περισσότερες από μία, προτιμάται η μεγαλύτερη. Αυτό γίνεται για την καλύτερη προστασία του όργανου, έφ' όσον η τιμή της έντάσεως του ρεύματος είναι άγνωστη και πιθανόν νά είναι μεγάλη, όποτε στίς μικρές κλίμακες τό όργανο θά κινδύνευε.

Νά σημειωθεί η ένταση του ρεύματος, τό όποιο κυκλοφορεί στό κύκλωμα.

4. Νά αντικατασταθεί η αντίσταση (R) του προηγούμενου κυκλώματος διαδοχικά μέ άλλες αντίστασεις, πού οι τιμές του είναι μεγαλύτερες και μικρότερες, και νά ληφθούν οι ένδείξεις του άμπερομέτρου για κάθε τιμή αντίστασεως. Όλες οι ένδείξεις των μετρήσεων νά γραφούν στον παρακάτω πίνακα.

5. Εάν στο κύκλωμα της τρίτης έρωτήσεως το άμπερόμετρο μεταφερθεί στο άλλο άκρο (K) της αντίστασης, ποιά θα είναι τότε ή ένδειξή του;

6. Ποιόν κίνδυνο διατρέχει τό άμπερόμετρο, όταν συνδεθεί σέ κύκλωμα μέ λανθασμένη πολικότητα;



Σχ. 2.ε.

7. Ποιός ό όρθός τρόπος συνδέσεως άμπερομέτρου σέ κύκλωμα γιά τή μέτρηση τής έντάσεως του ρεύματος έν σειρά ή έν παράλληλω;

Τιμή αντίστασεως (ώμ)	Ένδειξη ρεύματος (άμπέρ)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

8. Οί ένδειξεις 65 mA, 37  $\mu$ A καί 100  $\mu$ A νά γραφοῦν σέ άμπέρ.

9. Πηγή τάσεως 100 V τροφοδοτεί κατανάλωση αντίστασεως 200  $\Omega$ . Η ένταση του ρεύματος πού κυκλοφορεί στό κύκλωμα είναι 0,5 A (500 mA). Πόση θα είναι ή ένταση του ρεύματος, όταν ή αντίσταση γίνει 400  $\Omega$ ;

10. Στη θεωρία τής άσκήσεως αναφέρεται ότι, εάν τό άμπερόμετρο συνδεθεί παράλληλα σέ ένα κύκλωμα, πού βρίσκεται σέ τάση, κινδυνεύει νά καταστραφεί. Μέ τή βοήθεια των σχημάτων 2.α καί 2.β (όρθή καί λανθασμένη συνδεσμολογία), νά δώσετε μία εξήγηση του φαινομένου.

### ΑΣΚΗΣΗ 3

#### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

##### Κώδικας χρωμάτων ραδιοτεχνικών αντίστασεων.

Ἡ **Ἀντίσταση** εἶναι ἡ ιδιότητα, πού ἔχουν διάφορα ὑλικά νά παρουσιάζουν δυσκολία στήν κυκλοφορία τοῦ ρεύματος. Ἡ ἀντίσταση αὐτή μπορεῖ νά μετρηθεῖ ἄμεσα ἢ ἔμμεσα μέ ποικίλους τρόπους. Στίς ἀσκήσεις 11, 12 καί 24 ἐξετάζονται οἱ πῶς συνηθισμένοι ἀπό τούς τρόπους αὐτούς.

Ὁ ἀπλούστερος τρόπος μετρήσεως μιᾶς ἀντιστάσεως εἶναι μέ τό **ὠμόμετρο**. Μέ τόν τρόπο αὐτό θά ἀσχοληθοῦμε στήν ἀσκηση αὐτή. Ἐπίσης θά ἐξηγήσουμε τόν τρόπο συμβολισμοῦ τῆς τιμῆς μιᾶς ἀντιστάσεως μέ χρώματα καί θά δώσουμε ἐπίσης τόν κώδικα τῶν χρωμάτων αὐτῶν.

Μονάδα μετρήσεως τῆς ἀντιστάσεως εἶναι τό **ὠμ** (ohm, συμβολο Ω). Ἐπειδή στίς ἐφαρμογές συναντοῦμε καί ἀντιστάσεις μέ ἄρκετά μεγάλες ὠμικές τιμές, χρησιμοποιοῦνται περισσότερο τά ἐξῆς πολλαπλάσια τῆς μονάδας τοῦ ὠμ:

- α) Τό κιλὼμ (kΩ):  $1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$ .
- β) Τό μεγακὼμ (MΩ):  $1 \text{ M}\Omega = 1.000.000 \text{ k}\Omega$ .

Ἄρα  $1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega$ .

Ἡ ἐσωτερική κατασκευή τοῦ ὠμομέτρου ἐξετάζεται στήν ἀσκηση 22. Ἐδῶ, ὅπως καί στίς δύο προηγούμενες ἀσκήσεις μέ τό βολτόμετρο καί τό ἀμπερόμετρο, ἐξετάζεται μόνον ἡ συνδεσμολογία τοῦ ὠμομέτρου γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων.

Τό ὠμόμετρο δέν ἔχει πολικότητα, πράγμα πού σημαίνει ὅτι δέν ἔχει καμιά σημασία σέ ποιό ἄκρο τῆς μετρούμενης ἀντιστάσεως θά συνδεσμολογηθεῖ ὁ κάθε ἄκροδέκτης του. Ἐπίσης τό ὠμόμετρο χρησιμοποιεῖται γιά τή μέτρηση μιᾶς ἀντιστάσεως σέ ἓνα κύκλωμα, **μόνον ὅταν τό κύκλωμα αὐτό βρίσκεται ἐκτός τάσεως**.

Οἱ τιμές τῶν ἀντιστάσεων, πού χρησιμοποιοῦνται στά ἠλεκτρονικά κύκλωμα, συμβολίζονται συνήθως μέ διάφορα χρώματα ἐπάνω στίς ἐπιφάνειές τους. Οἱ τρόποι συμβολισμοῦ μέ χρώματα εἶναι δύο. Ὁ πρῶτος καί ὁ πῶς συνήθης φαίνεται στό σχῆμα 3.α.

Ἐπάρχουν, δηλαδή, τρεῖς τουλάχιστον ζῶνες (δακτύλιοι) μέ διάφορα χρώματα, σχεδιασμένες στό ἓνα ἄκρο τῆς ἀντιστάσεως. Ἄν κρατᾷ κάποιος τήν ἀντίσταση ὅπως φαίνεται στό σχῆμα, ἡ πρώτη ζώνη (ἀπό ἀριστερά) δίνει τό πρῶτο ψηφίο τοῦ ἀριθμοῦ, πού παριστάνει τήν τιμή τῆς ἀντιστάσεως. Ἡ δεῦτερη ζώνη δίνει τό δεῦτερο ψηφίο τοῦ ἀριθμοῦ αὐτοῦ. Ἡ τρίτη ζώνη ὁμως δίνει τόν ἀριθμό τῶν



μηδενικών, που ακολουθούν τα δύο πρώτα ψηφία. Έτσι με τρεις ζώνες διαφόρων χρωμάτων συμβολίζεται η όμικη τιμή της αντίστασης.



Σχ. 3.α.

Για την εύρεση της τιμής μιās αντίστασης απαιτείται βέβαια ή γνώση του κώδικα τών χρωμάτων. Όφειλει, δηλαδή, να γνωρίζει κανείς τί αριθμός αντιστοιχεί σε κάθε χρώμα. Ο κώδικας αυτός τών χρωμάτων αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα:

**ΚΩΔΙΚΑΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ.**

Χρώμα	Αριθμός	Άνοχη
Μαύρο	0	—
Καφέ	1	—
Έρυθρό	2	—
Πορτοκαλί	3	—
Κίτρινο	4	—
Πράσινο	5	—
Κυανού (Μπλέ)	6	—
Ίωδες (μώβ)	7	—
Φαίο (γκρί)	8	—
Λευκό	9	—
Χρυσό	—	± 5%
Άργυρό	—	± 10%
Χωρίς τέταρτη ζώνη	—	± 20%

Έάν σε μιὰ αντίσταση υπάρχει καί τέταρτη ζώνη, αυτή θά συμβολίζει την άνοχη, δηλαδή τά όρια, μέσα στά όποια μπορεί να κυμαίνεται ή τιμή της αντίστασης, την όποια παρέχουν οί ζώνες τών τριών προηγούμενων χρωμάτων. Η τέταρτη αυτή ζώνη θά έχει χρυσό χρώμα (άνοχη ± 5%) ή άργυρό (άνοχη ± 10%). Στην περίπτωση που δέν υπάρχει τέταρτο χρώμα, ή άνοχη της τιμής της αντίστασης είναι ± 20%.

Παρακάτω δίνονται δύο παραδείγματα εύρέσεως της τιμής αντίστασεων με τόν κώδικα τών χρωμάτων:

**Παράδειγμα 1.** Οί ζώνες της αντίστασης του σχήματος 3.β έχουν κατά σειρά τά εξής χρώματα: έρυθρό, πράσινο, πορτοκαλί. Έπομένως ή τιμή της αντίστασης, σύμφωνα με τόν κώδικα τών χρωμάτων, θά είναι 25.000 Ω με άνοχη ± 20%.

**Παράδειγμα 2.** Δίνεται ή αντίσταση με ζώνες χρωμάτων όπως στο σχήμα 3.γ. Η τιμή της αντίστασης είναι 470.000 Ω (470 kΩ) καί έχει άνοχη ± 10%.

Ό δεύτερος τρόπος συμβολισμού τών αντίστασεων με χρώματα φαίνεται στο σχήμα 3.δ.

Ο χρωματισμός ολόκληρου του σώματος της αντίστασης, σύμφωνα με τον κώδικα των χρωμάτων, συμβολίζει το πρώτο ψηφίο του αριθμού, που δηλώνει την τιμή της αντίστασης. Το ένα άκρο της αντίστασης φέρει επίσης ζώνη (δακτύλιο) με χρώμα που παρέχει το δεύτερο ψηφίο. Ο αριθμός των μηδενικών, που ακολουθούν τα δύο ψηφία, συμβολίζεται από το χρώμα της τελείας, ή οποία υπάρχει στη μέση της αντίστασης. Η σειρά είναι: χρώμα σώματος, χρώμα άκρου (δακτυλίου), χρώμα τελείας. Εάν φέρει χρωματισμό και το άλλο άκρο της αντίστασης, το χρώμα του θα είναι ή χρυσό ή άργυρο και θα συμβολίζει την ανοχή της τιμής της αντίστασης.

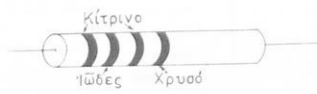
Ός προς τον αριθμό, που αντιστοιχεί σε κάθε χρώμα, ισχύει ο προηγούμενος κώδικας χρωμάτων αντίστασεων.

**Παράδειγμα του δεύτερου τρόπου συμβολισμού:** Δίνεται αντίσταση με χρώματα, που φαίνονται στο σχήμα 3.ε.

Η τιμή της αντίστασης είναι  $3.000.000 \Omega$  (3 M $\Omega$ ) και η ανοχή της τιμής αυτής  $\pm 20\%$ .



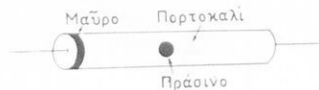
Σχ. 3.β.



Σχ. 3.γ.



Σχ. 3.δ.



Σχ. 3.ε.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά σχεδιασθούν στο τετράδιο οι κλίμακες του ωμόμετρου.
2. Ποιά περιοχή αντίστασεων μετράει κάθε κλίμακα;
3. Ποιά είναι η μέγιστη τιμή αντίστασης, που μπορεί νά μετρηθεί με το ωμόμετρο της άσκησης;
4. Νά σχεδιασθεί μιά κλίμακα αντίστασεων και μιά κλίμακα ρεύματος, ή μιά κάτω από την άλλη, με τίς ένδειξεις, που υπάρχουν στην πλάκα του όργάνου της άσκησης. Νά προσεχθεί ότι οι κλίμακες των τάσεων και των ρευμάτων στα βολτόμετρα και τά άμπερόμετρα έχουν τό μηδέν στό άριστερό τους άκρο (άριστερό, όπως τό βλέπει ό άκούόμενος), ενώ τό μηδέν της κλίμακας των αντίστασεων του ωμόμετρου είναι στό δεξί άκρο. Στήν άσκηση 22 έξηγγείται γιατί συμβαίνει αυτό.
5. Στήν άσκηση δίνονται μερικές αντίστασεις σύρματος, από αυτές που χρησιμοποιούνται σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. Νά μετρηθούν οι αντίστασεις αυτές με τό ωμόμετρο.

6. Με τη βοήθεια του κώδικα των χρωμάτων να προσδιορισθούν πλήρως οι τιμές των ραδιοτεχνικών αντιστάσεων της άσκησης και οι άνοχές τους και να συμπληρωθεί ο επόμενος πίνακας.

	Αντιστάσεις					
	1	2	3	4	5	6
1ο χρώμα						
2ο χρώμα						
3ο χρώμα						
4ο χρώμα						
Τιμή αντίστασης σύμφωνα μέ τα χρώματα						
Άνοχή						
Τιμή αντίστασης με τό ω- μόμετρο						

7. Οι ίδιες αντιστάσεις της άσκησης, των οποίων οι τιμές προσδιορίστηκαν από τα χρώματα, να μετρηθούν άκολούθως με τό ωμόμετρο και να γραφούν οι ένδειξεις στη σχετική στήλη του πίνακα.

8. Ποιά τιμή είναι περισσότερο ακριβής; Αυτή που δείχνει τό ωμόμετρο ή αυτή που προσδιορίζεται από τα χρώματα;

9. Τί χρώματα έχουν οι παρακάτω αντιστάσεις (καί μέ τούς δύο τρόπους συμβολισμού):

47 Ω, 960 Ω, 350 kΩ, 10 MΩ.

## ΑΣΚΗΣΗ 4

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Η γνώση τῶν διαφόρων εξαρτημάτων, τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦνται στὰ ἤλεκτρικὰ κυκλώματα, εἶναι ἀπαραίτητη προϋπόθεση γιὰ τὴν κατανόηση τῶν κυκλωμάτων αὐτῶν.

Ὁ σκοπὸς τῆς ἀσκήσεως αὐτῆς εἶναι νὰ δείξει στὸ μαθητὴ τὰ ποικίλα εξαρτήματα, πού συνθέτουν τὰ ἠλεκτρολογικὰ κυκλώματα. Εἶναι ἀπαραίτητο ὁ κάθε νέος μαθητὴς στὸν τομέα τῆς ἠλεκτρολογίας, ἀπὸ τὰ πρῶτα μάλιστα μαθήματα, νὰ εἶναι σὲ θέση νὰ διαχωρίζει τὰ διάφορα εξαρτήματα, νὰ γνωρίζει τὸ ὄνομα καὶ τὸ σύμβολο καθενὸς καὶ ἀκόμα νὰ μπορεῖ νὰ ἐξηγεῖ καὶ τὴ λειτουργία, τὴν ὅποια καθένα ἀπὸ τὰ εξαρτήματα αὐτὰ ἐπιτελεῖ στὸ γενικὸ κύκλωμα, στὸ ὅποιο συνδέεται.

Εἰδικότερα, ὁ συμβολισμὸς τῶν εξαρτημάτων, στὴ σχεδίαση τῶν διαφόρων κυκλωμάτων ἐξυπηρετεῖ σὲ σημαντικὸ βαθμὸ, γιατί ὅλες οἱ ἠλεκτρολογικὲς ἐγκαταστάσεις, ἀπὸ τίς πιὸ ἀπλὲς ἐγκαταστάσεις φωτισμοῦ ὡς τίς πολὺπλοκες ἐγκαταστάσεις κινήσεως καὶ φωτισμοῦ μεγάλων ἐργοστασίων καὶ ὀλοκλήρων πόλεων, πρῶτα σχεδιάζονται καὶ μετὰ ἐκτελοῦνται. Ἐπομένως καλὴ γνώση τοῦ συμβολισμοῦ τῶν εξαρτημάτων καὶ τοῦ τρόπου σχεδιάσεως τῶν κυκλωμάτων, καθὼς καὶ τῆς θεωρίας τῆς ἠλεκτρολογίας, ἀποτελοῦν θεμελιώδη γνωρίσματα τοῦ καλοῦ τεχνικοῦ.



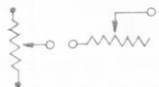










### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νὰ μελετηθοῦν μὲ προσοχὴ τὰ εξαρτήματα, πού εἶναι ἀναρτημένα σὲ πινακίδα πού δίνεται στὴν ἀσκηση αὐτῆ, καὶ νὰ ἀναγνωρισθεῖ τὸ σύμβολο τοῦ καθενὸς ἀπὸ τὸν Πίνακα 1.

2. Νὰ ζητηθοῦν ἀπὸ τὸν καθηγητὴ τοῦ Ἐργαστηρίου ὅσες πληροφορίες καὶ διευκρινήσεις ἀπαιτοῦνται, ὥστε ὁ Πίνακας 1 νὰ μεταφερθεῖ ὀλόκληρος στὸ καθαρὸ τετράδιο ὡς ἐξῆς: Στὴ στήλη «Πρακτικὴ ὀψη» τοῦ τετραδίου νὰ σχεδιασθεῖ πρόχειρα τὸ κάθε εξάρτημα τῆς πινακίδας, ὅπως φαίνεται, καὶ στὴ στήλη «Ἰδιότητες» νὰ ἐκτεθεῖ μὲ λίγες λέξεις ἡ ἐργασία, τὴν ὅποια τὸ εξάρτημα αὐτὸ προσφέρει, ὅταν συνδεθεῖ στὸ ἠλεκτρικὸ κύκλωμα.

3. Ποιὰ ἄλλα εξαρτήματα (μὲ τὸ συμβολισμὸ τους) ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀναφερόμενα στὸν Πίνακα δίνονται στὴν ἀσκηση; Νὰ ἀναφερθοῦν, νὰ σχεδιασθεῖ τὸ σύμβολο καθενὸς καὶ νὰ ἐξηγηθεῖ ἡ ἐργασία, τὴν ὅποια ἐκπληρώνει τὸ καθένα στὰ διάφορα κυκλώματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ίδιότητες
Ωμική αντίσταση σύρματος (θερμικού καταναλωτή)	 ή 		
Μεταβλητή αντίσταση (Ποτανοίμετρο - Ροοστάτης)			
Πυκνωτής			
Πυκνωτής ηλεκτρολυτικός			
Αύτεπαγωγή, ballast (πηνίο με σιδηροπυρήνα)			
Διακόπτης απλός			
Διακόπτης κοιματέρ			
Διακόπτης άλλε - ρετούρ άκραιο			
Διακόπτης άλλε - ρετούρ μεσαίο			
Διακόπτης μπουτόν			
Διακόπτης μαχαιρωτό			
Ρευματοδότης απλό			

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ιδιότητες
Ρευματοδότης με γείωση			
Άσφάλεια πίνακα άπλή			
Άσφάλεια πίνακα αυτόματη			
Φωτιστικό σημείο άπλό			
Φωτιστικό σημείο ασφάλειας			
Πίνακας φωτισμού			
Μετασχηματιστής μονοφασικός			
Γεννήτρια Σ.Ρ.			
Κινητήρας Ε.Ρ.			
Βολτόμετρο			
Άμπερόμετρο			
Βαττόμετρο			
Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας			

4. Νά αναφερθούν μερικές γνωστές συσκευές, στις οποίες χρησιμοποιούνται ώμικές αντίστασεις σύρματος, όπως αυτή που συμβολίζεται πρώτη στον Πίνακα 1.

5. Ποιά ή διαφορά μεταξύ άπλου διακόπτη καί διακόπτη «μπουτόν»; Επίσης ποιά ή διαφορά μεταξύ άπλου διακόπτη καί διακόπτη «κομιτατέρ»;

## ΑΣΚΗΣΗ 5

### ΡΑΔΙΟΤΕΧΝΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Ήκόμα καί μιά άπλή ραδιοτεχνική συσκευή φαίνεται άρκετά πολύπλοκη σέ όποιον άσχολεΐται γιά πρώτη φορά μέ τά ηλεκτρονικά. Όλα όμως τά κυκλώματα άπλοποιούνται σέ μεγάλο βαθμό, όταν κανείς γνωρίζει τά ποικίλα μικρά έξαρτήματα, τά όποία τά συνθέτουν. Φυσικά ό τρόπος συνδεσμολογίας τών έξαρτημάτων αυτών μεταξύ τους είναι ένα θέμα, πού δέν έξετάζεται στην άσκηση αυτή.

Ό σκοπός τής σημερινής άσκήσεως είναι νά γνωρίσει στό μαθητή τά διάφορα έξαρτήματα, τά όποία συνθέτουν τά ραδιοτεχνικά καί γενικά τά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Νά δείξει τίς ποικίλες παραλλαγές τών έξαρτημάτων αυτών, όπως κατασκευάζονται από τά διάφορα έργοστάσια, νά δώσει τά σύμβολά τους, όπως σχεδιάζονται διεθνώς, καί τέλος νά παρουσιάσει στόν άσκούμενο μαθητή, γιά μιά πρώτη γνωριμία, ένα πλήρες κύκλωμα ραδιοφώνου σέ λειτουργία. Έπομένως, στό τέλος τής άσκήσεως, επιβάλλεται ό μαθητής νά είναι σέ θέση νά άναγνωρίζει κάθε έξάρτημα σέ ένα κύκλωμα όποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής.

Όλα τά ραδιοτεχνικά, όπως καί τά ηλεκτρολογικά έξαρτήματα παριστάνονται μέ ειδικό σύμβολο τό καθένα. Πρέπει έπομένως ό τεχνικός, στόν τομέα αυτό: α) Νά μάθει νά διαχωρίζει ένα έξάρτημα σ' ένα κύκλωμα. β) Νά γνωρίζει τό σύμβολο του έξαρτήματος καί γ) νά μπορεί νά έξηγει τήν έργασία, τήν όποία τό έξάρτημα αυτό προσφέρει στή λειτουργία του κυκλώματος.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά μελετηθούν μέ προσοχή τά έξαρτήματα, τά όποία είναι άναρτημένα σέ πινακίδα πού δίνεται στην άσκηση αυτή καί νά άναγνωρισθεί τό σύμβολο του καθενός από τόν Πίνακα 2.
2. Νά ζητηθούν όσες πληροφορίες καί διευκρινήσεις άπαιτούνται, ώστε ό Πίνακας 2 νά μεταφερθεί ολόκληρος στό καθαρό τετράδιο ως έξης: Στή στήλη «Πρακτική άψη» νά σχεδιασθεί πρόχειρα τό κάθε έξάρτημα, όπως φαίνεται, καί στή στήλη «Ϊδιότητες» νά έκτεθει μέ λίγες λέξεις ή έργασία, τήν όποία τό έξάρτημα προσφέρει στά διάφορα κυκλώματα.
3. Τί είδη άντιστάσεων ύπάρχουν στην άσκηση; Νά άναφερθεί καί νά σχεδιασθεί κάθε είδος.
4. Τό ίδιο νά επαναληφθεί γιά τούς πυκνωτές τής άσκήσεως.
5. Έπίσης τό ίδιο νά επαναληφθεί γιά τούς μετασχηματιστές καί τίς βάσεις τών λυχνιών.

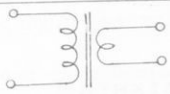
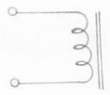









6. Στην άσκηση δίνεται ένα πλήρες ραδιόφωνο. Νά μετρηθεί ο αριθμός των αντιστάσεων και των πυκνωτών, οι οποίοι είναι συνδεσμολογημένοι. Νά γραφεί ο αριθμός στο τετράδιο.

7. Από τη σύγκριση του πίνακα συμβόλων των εξαρτημάτων του ραδιοφώνου της άσκησης νά αναφερθεί ποιά από τὰ εξαρτήματα του πίνακα δέν είναι απαραίτητα σέ ένα ραδιόφωνο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ιδιότητες
Σταθερή αντίσταση			
Μεταβλητή αντίσταση (ποτασιόμετρο)			
Ρυθμιζόμενη αντίσταση			
Αντίσταση με σταθερές επαφές			
Μεταβλητή αντίσταση (ροοστάτης)			
Σταθερός πυκνωτής			
Ηλεκτρολυτικός πυκνωτής			
Μεταβλητός πυκνωτής			
Ημιμεταβλητός πυκνωτής (τρίμερ - πάντερ)			
Μετασχηματιστής ισχύος ή τροφοδοτήσεως			



Έξαρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ίδιότητες
Μετασχηματιστής έξοδου ή μεγαφώνου			
Πηνίο φίλτρου Χ.Σ. (ταόκ)			
Πηνίο Υ.Σ. (αέρα)			
Βάση λυχνίας οκταλ			
Βάση λυχνίας νόβαλ			
Βάση λυχνίας μινιατούρα			
Βάση λυχνίας ρίμλοκ			
Μεγάφωνο			
Δίοδος λυχνία			
Τρίοδος λυχνία			
Τρανζίστορ			

## ΑΣΚΗΣΗ 6

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ – ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ

“Όλα τὰ υλικά αποτελούνται από άτομα. Κάθε άτομο αποτελείται από ένα πυρήνα, ο οποίος είναι θετικά φορτισμένος, και από ηλεκτρόνια, τὰ οποία είναι φορτισμένα αρνητικά. Τὰ ηλεκτρόνια είναι πολύ έλαφρά κατά τό βάρος και εύκολα τίθενται σέ κίνηση.

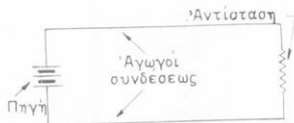
‘Η **ηλεκτρική τάση** είναι είδος ηλεκτρικής πίεσεως και είναι ακριβώς αυτή, πού προκαλεί τήν κίνηση τών ηλεκτρονίων, δηλαδή τό ηλεκτρικό ρεύμα. ‘Η ηλεκτρική τάση, ή απλώς τάση, εκφράζεται και ώς **διαφορά δυναμικού** μεταξύ δύο σημείων. ‘Η ηλεκτρική τάση παράγεται από ειδικές μηχανές, πού καλούνται γεννήτριες (μετατροπή μηχανικού έργου), και από συστοιχίες ή μπαταρίες (μετατροπή χημικής ενέργειας). Παράγεται επίσης και μέ μετατροπή τής ενέργειας του φωτός ή τής θερμότητας.

Τό **ηλεκτρικό ρεύμα** είναι κίνηση ηλεκτρονίων (συνεχές ρεύμα) ή ταλάντωση ηλεκτρονίων (έναλλασσόμενο ρεύμα). “Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός τών ηλεκτρονίων, τὰ οποία διέρχονται από όρισμένο άγωγό ηλεκτρικού κυκλώματος στή μονάδα του χρόνου, τόσο μεγαλύτερη είναι ή ένταση του ρεύματος, πού διαρρέει τόν άγωγό αυτό.

‘**Αντίσταση** είναι ή ιδιότητα τών διαφόρων υλικών νά παρουσιάζουν δυσκολία στή διέλευση του ρεύματος. “Όλα τὰ υλικά έμφανίζουν μία κάποια αντίσταση στήν κυκλοφορία του ρεύματος. Τέλειοι άγωγοί δέν υπάρχουν, όπως δέν υπάρχουν και τέλεια μονωτικά.

Τά υλικά, τὰ οποία παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση στή διέλευση του ρεύματος, καλούνται **άγωγοί**. ‘Αντίθετα, τὰ υλικά, πού παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αντίσταση και δυσκολεύουν πολύ ή και διακόπτουν τήν κυκλοφορία του ρεύματος, καλούνται **μονωτικά**.

Τό απλούστερο ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στό σχήμα 6.α. ‘Αποτελείται από



Σχ. 6.α.

μιά πηγή, πού παρέχει ηλεκτρική τάση, και από μία κατανάλωση (άντίσταση) καθώς και από τούς άγωγούς συνδέσεων.

Ο νόμος του Ωμ (Ohm)—θεμελιώδης νόμος του Ήλεκτρισμού— παρέχει τη σχέση, η οποία υπάρχει μεταξύ των τριών μεγεθών, **τάση - ρεύμα - αντίσταση**, σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Ο νόμος του Ωμ λέει: **‘Η ένταση του ρεύματος, το οποίο κυκλοφορεί σε ένα κύκλωμα, είναι ανάλογη της πηγής, η οποία τροφοδοτεί το κύκλωμα αυτό, και αντίστροφως ανάλογη προς την αντίσταση, την οποία παρουσιάζει η κατανάλωση.** Ο νόμος ισχύει τόσο στο συνεχές όσο στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Τό σύμβολο για την ένταση του ρεύματος είναι  $I$ .

Τό σύμβολο για την τάση είναι  $V$ .

Τό σύμβολο για την αντίσταση είναι  $R$ .

Συνεπώς ό νόμος του Ωμ εκφράζεται μέ τή σχέση:

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

‘Από τή σχέση αυτή προκύπτουν καί οί ακόλουθες εξισώσεις:

$$V = I \cdot R \quad \text{καί} \quad R = \frac{V}{I}$$

Οί μονάδες μετρήσεως τών ηλεκτρικών αυτών μεγεθών είναι:

Γιά τήν τάση τό βόλτ (Volt), σύμβολο  $V$ .

Γιά τήν ένταση του ρεύματος τό άμπέρ (Ampère) σύμβολο  $A$ .

Γιά τήν αντίσταση τό όμ (Ohm), σύμβολο  $\Omega$ .

Στήν άσκηση αυτή ως πηγή θά χρησιμοποιηθει ή τάση του δικτύου τής πόλεως (εναλλασσόμενη τάση 220 V). ‘Επομένως, απαιτείται να καταβληθει μεγάλη προσοχή προς άποφυγή τών κινδύνων, πού μπορεί να προκύψουν για τούς μαθητές καί τά όργανα, τά όποια θά συνδεθούν για τή λήψη μετρήσεων.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά τοποθετηθει ένας λαμπτήρας φωτισμού ισχύος 60 W καί τάσεως λειτουργίας 220 V, ως κατανάλωση, στήν ύποδοχή (ντουί) του «σασσί» τής άσκήσεως.

Νά συνδεθει ένα όμόμετρο στά σημεία (M), (N) του κυκλώματος του σχήματος 6.β καί να μετρηθει ή αντίσταση του λαμπτήρα **(στό κύκλωμα δέν παρέχεται τάση).**

‘Η ένδειξη του όμόμετρου να γραφει στή σχετική στήλη του επόμενου πίνακα:

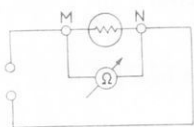
Ίσχύς λαμπτήρα	‘Αντίσταση
60 W	
100 W	
200 W	

2. Νά επαναληφθει ή μέτρηση στά ίδια σημεία, άφου αντικατασταθει ό λαμπτήρας τών 60 W μέ άλλον, ισχύος 100 W.

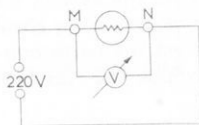


3. Νά επαναληφθεί η μέτρηση με λαμπτήρα ισχύος 200 W. Οι ένδειξεις του ωμομέτρου για τις περιπτώσεις 2 και 3 νά γραφούν στον πίνακα της περιπτώσεως 1.

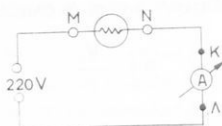
4. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 6.γ. Ἐφοῦ αὐτό ἐλεγχθεῖ ἀπό τόν καθηγητή, νά ἐφαρμοσθεῖ ἔπειτα τάση δικτύου 220 V καί μέ τό βολτόμετρο στά σημεῖα (M), (N) νά μετρηθεῖ ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ λαμπτήρα καί νά γραφεῖ στή σχετική στήλη τοῦ ἐπόμενου πίνακα.



Σχ. 6.β.



Σχ. 6.γ.



Σχ. 6.δ.

5. Νά ἀποσυνδεθεῖ ἡ τάση τῶν 220 V ἀπό τό προηγούμενο κύκλωμα. Ἀκολουθῶς νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 6.δ.

Τάση πηγῆς (V)	Τάση στά ἄκρα M-N (V)	Ἔνταση (A)	Ἀντίσταση (Ω)
220			
110			

Μεταξύ τῶν σημείων (K) καί (Λ) νά συνδεθεῖ ἀμπερόμετρο καί, ἀφοῦ τό κύκλωμα ἐλεγχθεῖ ἀπό τόν καθηγητή, νά ἐφαρμοσθεῖ πάλι τάση δικτύου 220 V καί νά μετρηθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα. Ἡ ἔνδειξη νά γραφεῖ στόν πίνακα τῆς προηγούμενης περιπτώσεως.

Ἀπό τίς δύο προηγούμενες μετρήσεις (4 καί 5) φαίνεται ἡ ὀρθή συνδεσμολογία τῶν ὀργάνων. Δηλαδή τό βολτόμετρο συνδέεται πάντοτε ἐν παραλλήλῳ πρὸς τήν κατανάλωση (κύκλωμα περιπτώσεως 4), τό δέ ἀμπερόμετρο πάντοτε ἐν σειρᾷ (κύκλωμα περιπτώσεως 5).

6. Νά επαναληφθοῦν οἱ ἴδιες μετρήσεις μέ τάση πηγῆς 110 V. Πρῶτου ἐφαρμοσθεῖ τάση, τό κύκλωμα πρέπει νά ἐλέγχεται πάντοτε ἀπό τόν καθηγητή. Οἱ ένδειξεις νά γραφοῦν στόν πίνακα τῆς περιπτώσεως 4.

7. Ἀπό τίς ένδειξεις τάσεων καί ἐντάσεων νά ὑπολογισθεῖ μέ ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Ωμ ἡ αντίσταση κάθε λαμπτήρα καί νά γραφεῖ στή σχετική στήλη τοῦ πίνακα (περίπτωση 3).

8. Αφού εφαρμοσθεί πάλι τάση τροφοδοτήσεως 220 V, νά ληφθούν οι ένδειξεις του αμπερομέτρου για τρεις διαφορετικές καταναλώσεις, 60, 100 και 200 W, και νά γίνουν οι υπολογισμοί, ώστε νά συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας.

Ίσχύς λαμπτήρα (W)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
60		
100		
200		

9. Νά συγκριθούν οι ένδειξεις του ωμομέτρου των περιπτώσεων 1, 2 και 3 μέ τις τιμές αντίστασεως, τις οποίες δίνουν οι υπολογισμοί της προηγούμενης περιπτώσεως για τούς ίδιους λαμπτήρες. Ποῦ ὀφείλεται ἡ παρουσιαζόμενη διαφορά;

10. Τί λέει ὁ νόμος τοῦ Ωμ;

11. Ποιά εἶναι τὰ βασικά στοιχεία ἑνός ηλεκτρικοῦ κυκλώματος;

12. Πηγή τάσεως 12 V τροφοδοτεῖ κατανάλωση ἀντιστάσεως 2,4 k $\Omega$ . Νά υπολογισθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, τό ὁποῖο διαρρέει τό κύκλωμα. Τό ἀποτέλεσμα νά γραφεῖ σέ A.

## ΑΣΚΗΣΗ 7

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΟΛΛΗΤΗΡΙ

Στις ηλεκτρολογικές και τις ραδιοτεχνικές κατασκευές όλες οι συνδέσεις μεταξύ των αγωγών και των εξαρτημάτων πρέπει να έχουν εξασφαλισμένη σταθερή και στερεή επαφή. Εάν απλώς τυλιχθούν μεταξύ τους τα σύρματα, δίχως να συγκολληθούν, όπωσδήποτε ύστερα από μικρό χρονικό διάστημα θα δημιουργηθεί άνωμαλία στη συνέχεια του ηλεκτρικού κυκλώματος. Θα παρουσιασθεί δηλαδή «λασκάρισμα» ή όξειδωση, η οποία θα αύξησει πολύ την αντίσταση του κυκλώματος ή ακόμα και θα διακόψει την επαφή μεταξύ των αγωγών ή των άκροδεκτών των εξαρτημάτων, τά όποια πρόκειται να συνδεθούν, πρέπει στη συνέχεια να καλυφθεί τό σημείο συνδέσεως μέ ένα στρώμα ειδικής κολλησεως. Η κόλληση αυτή, θα στερεώσει καλύτερα τούς συνδετικούς αγωγούς και θα προφυλάσσει τό σημείο συνδέσεως τους από όξειδωση.

Τό είδος τής κολλησεως, πού χρησιμοποιείται από τούς ηλεκτρολόγους και τούς ραδιοτεχνικούς, είναι ένα κράμα από μόλυβδο και κασίτερο, σχεδόν σέ ίσες ποσότητες. Όταν ή κόλληση αυτή θερμαίνεται μέ τή βοήθεια θερμού κολλητηριού, τήκεται (λειώνει) και σέ ρευστή πιά κατάσταση απλώνεται επάνω στό σημείο συνδέσεως. Μετά τήν άπομάκρυνση του κολλητηριού, ή κόλληση ψύχεται και σκληρύνεται. Χημικά άποδεικνύεται ότι ή θερμή ρευστή κόλληση επιδρά, ώστε να λειώνει επίσης και ένα λεπτότατο στρώμα από τήν επιφάνεια των συγκολλουμένων υλικών· έτσι πραγματοποιείται μία πολύπλοκη χημική αντίδραση.

Οι ακόλουθες τρεις βασικές προϋποθέσεις είναι άπαραίτητες γιά τήν εξασφάλιση μιās καλής συγκολλησεως:

α) **Καθαριότητα.** Οι επιφάνειες των μετάλλων, τά όποια πρόκειται να συγκολληθούν, επιβάλλεται να είναι καθαρές στα συγκολλούμενα σημεία. Αυτό σημαίνει ότι τά σημεία επαφής των συνδεομένων μετάλλων πρέπει να ξυσοθούν, ώστε να άφαιρεθούν τά τυχόν όξειδια και να φανεί τό καθαρό μέταλλο.

β) **Χρήση ειδικής άλοιφής.** Η άλοιφή αυτή είναι μία χημική ουσία, ή όποια προφυλάσσει τις συγκολλούμενες επιφάνειες από όξειδωση, όταν αυτές θερμαίνονται κατά τή συγκόλληση.

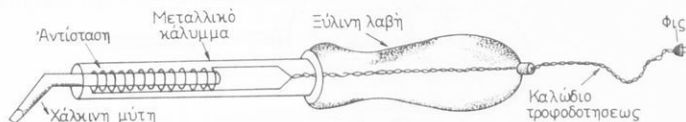
Δέν μπορεί να θεωρηθεί ως καλή μία συγκόλληση, έφ' όσον στα σημεία επαφής θα δημιουργηθεί έστω και πολύ λεπτό στρώμα όξειδίου.

γ) **Κατάλληλη θερμοκρασία.** Τά προς συγκόλληση μέταλλα πρέπει να έχουν

θερμανθεί άρκετά, ώστε, όταν ή κόλληση εφαρμοσθεί στό σημείο συγκολλησως, νά λειώσει καί νά άπλωθεί εύκολα. Παρ' όλο ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι γιά τή θέρμανση, τό ήλεκτρικό κολλητήρι, άπλό ή αυτόματο, είναι τό πιό κατάλληλο καί χρησιμοποιείται άποκλειστικά στίς περιπτώσεις αυτές.

### I. Άπλό ήλεκτρικό κολλητήρι.

Τό άπλό ήλεκτρικό κολλητήρι άποτελείται (σχ. 7.α) από τά εξής μέρη: μιάν αντίσταση, τό μεταλλικό κάλυμμα τής αντίστάσως, μιά χάλκινη προέκταση («μύτη»), μιά ξύλινη ή πλαστική λαβή καί τό καλώδιο τροφοδοτήσως μέ τό ρευματολήπτη (φίς).



Σχ. 7.α.

Όταν κυκλοφορεί ρεύμα από τήν αντίσταση, ή αντίσταση θερμαίνεται· άκολουθως θερμαίνεται καί ή χάλκινη μύτη, τήν όποία ή αντίσταση περιβάλλει κατά τό ένα άκρο τής (χωρίς νά έρχεται σέ ήλεκτρική έπαφή μέ αυτήν). Ή θερμή πιά μύτη έφάπτεται στό πρόσ συγκόλληση σημεία καί τά θερμαίνει.

Ή θερμαντική ικανότητα του ήλεκτρικού κολλητηριου εκφράζεται μέ τήν ισχύ του σέ βάττ. Όταν οι επιφάνειες, πού πρόκειται νά συγκολληθούν, είναι μεγάλες καί τά μέταλλα χονδρά, άπαιτείται συνήθως κολλητήρι ισχύος 200-250 W. Γιά συνήθεις συγκολλήσεις λεπτών άγωγών καί εξαρτημάτων, κολλητήρι ισχύος 40-60 W είναι πολύ κατάλληλο. Γιά συγκολλήσεις άγωγών καί εξαρτημάτων ιδιαίτερα λεπτών, χρησιμοποιείται κολλητήρι ισχύος περίπου 15-40 W.

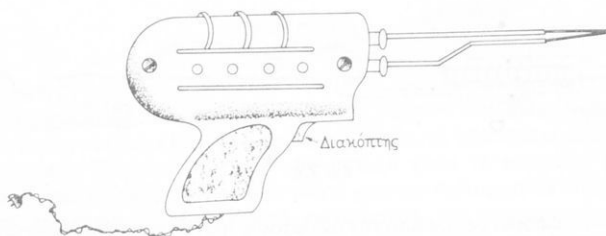
### II. Αυτόματο ήλεκτρικό κολλητήρι.

Τό αυτόματο ήλεκτρικό κολλητήρι έχει ως κύριο εξάρτημά του ένα μετασχηματιστή. Ό μετασχηματιστής αυτός είναι ύποβιβαστής τάσως. Τό δευτερεύον του έχει λίγες ή καί μιά μόνο σπειρά, ή όποία, άφου διαμορφωθεί κατάλληλα, άποτελεί ή ίδια τή μύτη του κολλητηριου. Τό όλο κατασκευάσμα, έκτός από τή μύτη, καλύπτεται μέ ένα πλαστικό περιβλήμα, πού έχει τή μορφή πιστολιου (σχ. 7.β). Στο έσωτερικό μέρος τής λαβής αυτού του πιστολιου καί στή θέση τής σκανδάλης ύπάρχει διακόπτης, τόν όποιο χειρίζεται κανείς όπως καί τή σκανδάλη του όπλου. Όταν πιέζεται ό διακόπτης-σκανδάλη, άποκαθίσταται τό κύκλωμα στό πρωτεύον του μετασχηματιστή, όποτε στό δευτερεύον κυκλοφορεί ρεύμα μεγάλης έντάσως. Ή κυκλοφορία του μεγάλου αυτού ρεύματος θερμαίνει άμέσως τή μύτη γιά τήν έκτέλεση τής συγκολλήσως.

Τό αυτόματο ήλεκτρικό κολλητήρι έχει σοβαρά πλεονεκτήματα. Τά κυριότερα από αυτά είναι: Θερμαίνεται σέ χρόνο ταχύτατο, μέσα σέ λίγα δευτερόλεπτα. Ψύχεται επίσης γρήγορα. Καταναλίσκει ρεύμα (ήλεκτρική ένέργεια) μόνον κατά τό χρόνο κατά τόν όποιο πιέζεται ή σκανδάλη-διακόπτης, δηλαδή όταν χρησιμοποιείται γιά τήν έκτέλεση συγκολλήσως.

Τά μειονεκτήματά του είναι: Δέν ἐξυπηρετεί σέ «βαριές» συγκολλήσεις μεγάλων ἐπιφανειῶν μετάλλων καί ἡ τιμή του εἶναι ψηλὴ σέ σύγκριση μέ τό ἀπλό.

Όταν ἓνα ἀπλό ἠλεκτρικό κολλητήρι θερμαίνεται συνεχῶς, ἡ χάλκινη μύτη του ὀξειδώνεται καί σχηματίζεται σ' αὐτήν ἓνα στρώμα ἀπό ὀξειδιο τοῦ χαλκοῦ. Τό ὀξειδιο αὐτό (μικρά, μαυράδια) παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στή χάλκινη μύτη καί στά συγκολλούμενα σημεῖα καί ἐμποδίζει τήν καλὴ ἀγωγιμότητα. Γιά νά διατηρεῖται συνεπῶς ἡ μύτη καθαρή, πρέπει, ἀφοῦ καθαρισθεῖ ἀπό τά μαυράδια, νά ἐπικασσιτερωθεῖ (νά γανωθεῖ) μέ ἓνα στρώμα κολλήσεως. Μετά τήν πρώτη ἐπικασσιτέρωση, πιθανόν νά ἐμφανισθοῦν πάλι μαυράδια. Γίνεται τότε νέος καθαρισμός καί ἐπικασσι-



Σχ. 7.β.

τέρωση τῆς μύτης. Ἐάν τό κολλητήρι παραμένει συνεχῶς σέ τάση, ἀπαιτεῖται καθαρισμός καί ἐπικασσιτέρωση τῆς μύτης πολλές φορές κατά τήν ἴδια μέρα. Ἐννοεῖται ὅτι, ἂν δέν χρειάζεται συνεχῶς τό κολλητήρι γιά συγκολλήσεις, δέν πρέπει νά παραμένει μόνιμα σέ τάση, γιατί ἔτσι καταναλώνεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἄσκοπα.

**Προσοχή.** Δέν πρέπει ποτέ νά τινάζεται τό κολλητήρι γιά νά ἀπαλλαγεῖ ἡ μύτη του ἀπό τήν κόλληση μέ τά μαυράδια. Αὐτό εἶναι ἐπικίνδυνο, γιατί, ἂν ἀπό λάθος ἡ ρευστὴ κόλληση πέσει στό δέγμα μας, θά προκαλέσει ἔγκαυμα.

Ἄρα γιά μιὰ καλὴ συγκόλληση ἐπιβάλλεται:

1. Καλὸς καθαρισμός τῶν πρὸς συγκόλληση ἐπιφανειῶν.
2. Καλὴ μηχανικὴ σύνδεση τῶν πρὸς συγκόλληση συρμάτων ἢ ἀκροδεκτῶν ἐξαρτημάτων γιά ἐξασφάλιση μόνιμης καί στερεᾶς συγκολλήσεως. Ἡ κόλληση διευκολύνει βέβαια τήν καλὴ ἀγωγιμότητα, δηλαδή τήν καλὴ ἠλεκτρικὴ ἐπαφή, ἀλλὰ δέν ἐξασφαλίζει μεγάλη μηχανικὴ ἀντοχή.
3. Ἐάν χρησιμοποιεῖται ἰδιαίτερα ἀλοιφή, πρέπει αὐτή νά ἀπλώνεται προηγουμένως στὶς ἐπιφάνειες τῶν πρὸς συγκόλληση ἀγωγῶν, ἀκροδεκτῶν ἢ ἐξαρτημάτων. Ἡ κόλληση ποῦ χρησιμοποιεῖται ἀπὸ τοὺς ραδιοτεχνικούς ἔχει τὴ μορφή σύρματος καί περιέχει ἤδη τήν ἀπαραίτητη ἀλοιφή. Γενικά, ὅταν ἡ κόλληση περιέχει ἀλοιφή, δημιουργεῖται ἐλαφρὸς καπνός, ἀμέσως μόλις ἔρθει σέ ἐπαφή μέ τὴ θερμὴ μύτη τοῦ κολλητηριοῦ.
4. Καλὸς καθαρισμός τοῦ κολλητηριοῦ.
5. Ἐφαρμογὴ τοῦ κολλητηριοῦ στό σημεῖο συγκολλήσεως. Ἡ ἐφαρμογὴ πρέπει νά γίνεται μέ τὴ μύτη πλάγια, ὥστε νά ἐξασφαλίζεται ἐπαφή μεγαλύτερης ἐπιφάνειας τῆς μύτης μέ τά συγκολλούμενα ὑλικά.



6. Έφαρμογή κολλήσεως στό σημείο πού θερμάνθηκε. Πάντοτε άπαιτείται ένα μικρό χρονικό διάστημα γιά τή θέρμανση καί, έν συνεχεία, τή συγκόλληση. Τό χρονικό αυτό διάστημα είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο όγκωδέστεροι είναι οί άκροδέκτες τών συγκολλημένων ύλικών. Έπίσης άπαιτείται μικρό χρονικό διάστημα μετά τή συγκόλληση καί άπομάκρυνση του κολλητηριού, γιά νά ψυχθεί καί νά «σκληρυνθεί» ή λειωμένη κόλληση. Σέ έλαφρές συγκολλήσεις, λίγο φύσημα μέ τό στόμα μετά τήν άπομάκρυνση του κολλητηριού διευκολύνει τή σύντομη σκλήρυνση.

7. Έλεγχος τής συγκολλήσεως. "Όταν στή συγκόλληση πού έγινε έμφανίζεται μιά όμαλή καί στιλπνή επιφάνεια επάνω καί γύρω από τό σημείο συγκολλήσεως, ή συγκόλληση πέτυχε. Σκληρή καί άνώμαλη επιφάνεια στό σημείο συγκολλήσεως χαρακτηρίζει όχι καλή συγκόλληση («κρύα» συγκόλληση).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέ τή χρήση άπλου κολλητηριού:

1. Νά συγκολληθούν δύο άγωγοί. 'Η σειρά εργασίας πρέπει νά είναι: Καθαρισμός κολλητηριού άφου θερμανθεί· καθαρισμός τών συρμάτων στό σημεία, στό όποία πρόκειται νά γίνει ή συγκόλληση· μηχανική σύνδεση τών συρμάτων· έφαρμογή του κολλητηριού σ' αυτά· έφαρμογή του ύλικου τής συγκολλήσεως. 'Η κόλληση πρέπει νά λειώνει επάνω στό θερμά άντικείμενα καί όχι επάνω στή μύτη του κολλητηριού.

2. Νά συγκολληθεί ένας άγωγός μέ τόν άκροδέκτη ενός έξαρτήματος (άντιστάσεως ή πυκνωτή).

3. Νά κολληθεί άγωγός επάνω σέ «σασσί» από λαμαρίνα.

4. Νά κολληθεί πολύκλωνο σύρμα σέ σασσί.

5. Νά συγκολληθούν άκροδέκτες 3 ως 4 έξαρτημάτων μαζί.

6. Οί εργασίες τών προηγουμένων έρωτήσεων νά επαναληφθούν μέ τό αυτόματο κολλητήρι. "Όλοι οί μαθητές πρέπει νά έκτελέσουν τουλάχιστον από μιά φορά όλες τίς ζητούμενες συγκολλήσεις.

## ΑΣΚΗΣΗ 8

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### Συνδεσμολογία εν σειρά.

**Ήλεκτρικό κύκλωμα εν σειρά** είναι τό κύκλωμα εκείνο, του οποίου όλα τά στοιχεία, δηλαδή ή πηγή καί οι καταναλώσεις, είναι συνδεμένες τό ένα μέ τό άλλο έτσι, ώστε νά υπάρχει μόνο μία άγωγίμη δίοδος γιά τό ήλεκτρικό ρεύμα.

Τά χαρακτηριστικά του έν σειρά κυκλώματος είναι:

α) Ή ένταση του ρεύματος είναι ή ίδια σέ όλα τά σημεία του κυκλώματος. Δηλαδή, σέ οποιοδήποτε σημείο καί άν διακοπεί τό κύκλωμα καί παρεμβληθεί άμπερόμετρο, αυτό θά δείχνει πάντοτε τήν ίδια τιμή έντάσεως ρεύματος.

β) Ή όλική αντίσταση των καταναλώσεων (ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος), άν υπάρχουν περισσότερες από μία καταναλώσεις, είναι ίση μέ τό άθροισμα των επί μέρους αντίστάσεων.

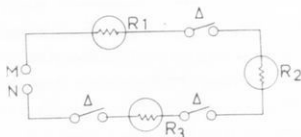
γ) Ή τάση της πηγής πού τροφοδοτεί τό κύκλωμα είναι ίση μέ τό άθροισμα των πτώσεων τάσεως στις αντίστάσεις των καταναλώσεων, οι οποίες, συνδεμένες έν σειρά μεταξύ τους καί πρός τήν πηγή, αποτελούν τό κύκλωμα αυτό.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά τοποθετηθούν τρεις λαμπτήρες φωτισμού, των 60 W/220 V ό καθένας, στις βάσεις (ντουϊ) του σασί της άσκήσεως.

Ή ισχύς των λαμπτήρων μπορεί νά είναι διαφορετική. Ή έκλογή του μπορεί νά γίνεται κατά τήν κρίση του καθηγητή κάθε εργαστηρίου, μέ βάση τά όργανα πού διαθέτει τό εργαστήριο αυτό, γιά νά εξυπηρετούνται καλύτερα οι μαθητές στις μετρήσεις.

2. Νά ελεγχθούν μέ ώμόμετρο: α) ή αντίσταση κάθε λαμπτήρα καί β) ή όλική



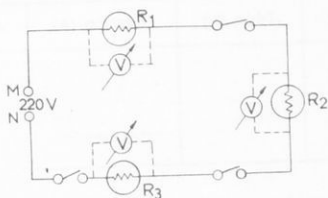
Σχ. 8.α.

άντίσταση του κυκλώματος. Ή μέτρηση της όλικής αντίστασης νά γίνει στά σημεία (M), (N) του κυκλώματος (σχ. 8.α). Ύπενθυμίζεται ότι τό ώμόμετρο χρησιμοποιείται μόνο σέ κυκλώματα, πού βρίσκονται χωρίς τάση.

Οι ένδειξεις του ωμομέτρου να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

Κατανάλωση (λαμπτήρες φωτισμού)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$	
$R_2$	
$R_3$	
$R_{ολ}$	

3. Στο κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως, άφου κλειστούν οι διακόπτες ( $\Delta$ ), να εφαρμοσθεί τάση δικτύου (έναλλασσόμενη τάση 220 V) και να μετρηθούν με βολτόμετρο οι τάσεις στα άκρα κάθε λαμπτήρα καθώς και η τάση στην είσοδο του κυκλώματος. [Είσοδος είναι τα σημεία (M), (N) και η επικρατούσα σ' αυτά τάση είναι η τάση του δικτύου της πόλεως]. Η όρθη συνδεσμολογία του βολτομέτρου για τη μέτρηση των τάσεων φαίνεται στο σχήμα 8.β.



Σχ. 8.β.

Οι ένδειξεις του όργάνου να γραφούν στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα:

Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_{ολ}$			

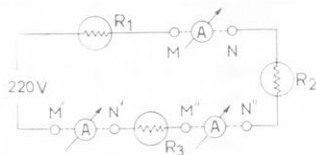
4. Τό κύκλωμα της περιπτώσεως 3 να τροποποιηθεί όπως παρακάτω (σχ. 8.γ, άνοικτοί οι διακόπτες) και να μετρηθούν οι εντάσεις των ρευμάτων στα σημεία διακοπής (M) και (N) αυτού. (Η τροποποίηση γίνεται με κομμένο τό ρεύμα από την πηγή).

Οι εντάσεις των ρευμάτων μπορεί να μετρηθούν σε κάθε θέση (M), (N) με βραχυκυκλωμένες τις άλλες δύο θέσεις. Οι ένδειξεις του άμπερομέτρου να γραφούν στη σχετική στήλη του πίνακα της προηγούμενης έρωτήσεως.



5. Από τις μετρήσεις των ενδείξεων τάσεως και έντάσεως σε κάθε λαμπτήρα, να υπολογισθεί ή αντίσταση του λαμπτήρα αυτού από το νόμο του  $\Omega\mu$  και να γραφεί στην τελευταία στήλη του ίδιου πίνακα.

6. Οί ίδιες ακριβώς μετρήσεις και υπολογισμοί να επαναληφθούν, αφού



Σχ. 8.γ.

προηγούμενα τοποθετηθούν λαμπτήρες των 200 W/220 V στις βάσεις του οασσί τής άσκήσεως.

Τά άποτελέσματα να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα:

Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_{ολ}$			

7. Να επαναληφθούν οί ίδιες μετρήσεις, αλλά με διαφορετικό λαμπτήρα σε κάθε υποδοχή. Να χρησιμοποιηθούν π.χ. λαμπτήρες των 60, 100 και 200 W/220 V. Τά άποτελέσματα να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα.

8. Να εξηγηθεί γιατί οί ενδείξεις ρεύματος στην περίπτωση 4, όταν χρησιμοποιήθηκαν τρεις όμοιοι λαμπτήρες στο κύκλωμα, ήταν οί ίδιες και στά τρία σημεία του κυκλώματος. Επίσης να αναφερθεί και να εξηγηθεί ή σχέση των ενδείξεων έντάσεως ρεύματος στά ίδια σημεία, όταν οί τρεις λαμπτήρες του κυκλώματος είχαν διαφορετική ισχύ, όπως στην περίπτωση 7.

Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$ —60 W			
$R_2$ —100 W			
$R_3$ —200 W			
$R_{ολ}$			

9. Με ποίο τρόπο συνδέεται τό άμπερόμετρο σ' ένα κύκλωμα;

10. Πώς υπολογίζεται ή όλική αντίσταση ενός κυκλώματος με πολλές γνωστές καταναλώσεις συνδεμένες έν σειρά;

11. Ποιά η σχέση μεταξύ τάσεως πηγής και πτώσεων τάσεως στις διάφορες καταναλώσεις ενός κυκλώματος έν σειρά;

12. Όταν οι τρεις λαμπτήρες των 60 W/220 V είναι στο κύκλωμα έν σειρά, όπως όταν μετρήθηκαν οι τάσεις, τί θά συμβεί, εάν «καεί» ό ένας από αυτούς; Θά ανάβουν ή όχι οι υπόλοιποι δύο;

13. Στη συνδεσμολογία τής περιπτώσεως 6, μέ τούς τρεις διαφορετικής ισχύος λαμπτήρες, ποιός από αυτούς φώτιζε περισσότερο; Νά έξηγηθεί τό φαινόμενο.

14. Τό έν σειρά κύκλωμα είναι κατάλληλο για έγκαταστάσεις φωτισμού;

15. Είναι δυνατόν μία συσκευή ισχύος 100 W, πού λειτουργεί κανονικά στά 110 V, νά συνδεθεί στά 220 V, άν συνδεθεί έν σειρά προς αυτή ένας λαμπτήρας των 100 W/110 V; Νά δικαιολογηθεί ή απάντηση μέ σχέδιο.

## ΑΣΚΗΣΗ 9

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### Συνδεσμολογία έν παραλλήλω.

Η έν παραλλήλω συνδεσμολογία είναι ή πιό συνηθισμένη στά ήλεκτρικά κυκλώματα καί προτιμάται πάντοτε στά κυκλώματα φωτισμού. Τά χαρακτηριστικά της είναι:

α) Η τάση στά άκρα κάθε καταναλώσεως είναι ή ίδια καί ίση πρόσ τήν τάση της πηγής. (Στό έν σειρά κύκλωμα τό άθροισμα τών τάσεων στά άκρα τών καταναλώσεων είναι ίσο μέ τήν τάση της πηγής).

β) Έξασφαλίζει ιδιαίτερο κύκλωμα (ιδιαιτερη διακλάδωση ρεύματος) γιά κάθε κατανάλωση. (Στό έν σειρά κύκλωμα ύπάρχει μόνο μία μοναδική δίοδος ρεύματος μέσα από όλες τίς καταναλώσεις, πού είναι συνδεδεμένες ή μία μετά τήν άλλη).

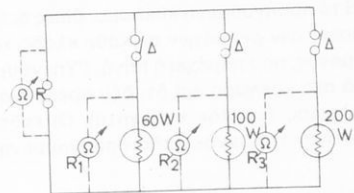
γ) Τό όλικό ρεύμα, πού παρέχει ή πηγή, ισοϋται πρόσ τό άθροισμα τών ρευμάτων στους διάφορους κλάδους, δηλαδή μέ τό άθροισμα τών ρευμάτων, πού διαρρέουν κάθε κατανάλωση του κυκλώματος. (Στό έν σειρά κύκλωμα τό ρεύμα είναι τό ίδιο σε όλα τά σημεία του κυκλώματος).

δ) Η όλική αντίσταση του κυκλώματος στην έν παραλλήλω συνδεσμολογία ελαττώνεται, όταν συνδέεται μία νέα κατανάλωση, πάλι έν παραλλήλω, καί είναι πάντοτε μικρότερη από τή μικρότερη αντίσταση, πού ύπάρχει στο κύκλωμα. (Στό έν σειρά κύκλωμα ή όλική αντίσταση είναι ίση μέ τό άθροισμα τών επί μέρους αντιστάσεων του κυκλώματος).

#### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά τοποθετηθούν τρεις λαμπτήρες τών 60, 100 καί 200 W καί τάσεως λειτουργίας 220 V καθένas στις βάσεις (ντουϊ) του σασσί της άσκήσεως.

2. Νά ελεγχθούν μέ ώμόμετρο: α) Η αντίσταση κάθε λαμπτήρα (διακόπτες Δ άνοικτοί) καί β) ή όλική αντίσταση του κυκλώματος (διακόπτες Δ κλειστοί). Οι συνδέσεις του ώμομέτρου γιά κάθε μία από τίς ζητούμενες περιπτώσεις φαίνονται στο σχήμα 9.α.

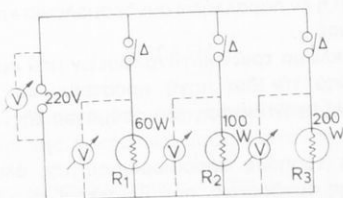


Σχ. 9.α.

Οι ένδειξεις του άμομέτρου νά γραφοῦν στόν έπομενο πίνακα:

Λαμπτήρες	Άντιστάσεις (Ω)
$R_1$ —60 W	
$R_2$ —100 W	
$R_3$ —200 W	
$R_{ολ}$	

3. Στο κύκλωμα τής προηγούμενης έρωτήσεως, άφού κλεισθούν οι διακόπτες (Δ), νά εφαρμοσθεί τάση δικτύου (έναλλασσόμενη τάση 220 V) και νά μετρηθούν μέ βολτόμετρο οι τάσεις στά άκρα κάθε λαμπτήρα καθώς και ή τάση στην είσοδο τού κυκλώματος (σχ. 9.β).

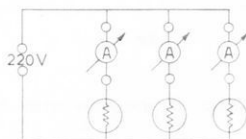


Σχ. 9.β.

Οι ένδειξεις τών τάσεων νά γραφοῦν στή σχετική στήλη τού έπόμενου πίνακα:

Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Άντίσταση (Ω)
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_{ολ}$			

4. Νά τροποποιηθεί τό προηγούμενο κύκλωμα, όπως δείχνει τό σχήμα 9.γ, γιά νά μετρηθούν: α) Οί έντάσεις τών ρευμάτων σέ κάθε κλάδο του κυκλώματος και β) ή ένταση του όλικου ρεύματος, πού παρέχει ή πηγή. (Ύπενθυμίζεται ότι τό άμπερόμετρο συνδέεται έν σειρά στο κύκλωμα και ότι δέν πρέπει νά εφαρμοσθεί χωρίς τήν έγκριση τής συνδεσμολογίας από τόν καθηγητή). Οί ένδείξεις τών έντάσεων νά γραφούν στή σχετική στήλη του πίνακα τής προηγούμενης περιπτώσεως.



Σχ. 9.γ.

5. Από τίς ένδείξεις τών μετρήσεων τάσεως και έντάσεως σέ κάθε λαμπτήρα και μέ βάση τό νόμο του Ωμ, νά υπολογισθεί ή αντίσταση, πού παρουσιάζει ό λαμπτήρας στο κύκλωμα και νά γραφεί στή σχετική στήλη του πίνακα τής περιπτώσεως 3. Τό ίδιο νά επαναληφθεί γιά τήν όλική αντίσταση του κυκλώματος.

6. Από τίς μετρήσεις και τούς υπολογισμούς, πού πραγματοποιήθηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις, φαίνεται ότι οι τρεις λαμπτήρες παρουσιάζουν διαφορετικές αντίστασεις, όταν μετρούνται μέ τό ώμόμετρο (περίπτωση 2), από εκείνες πού δίνουν οι υπολογισμοί από τίς τάσεις και τίς έντάσεις τών ρευμάτων (περίπτωση 3). Νά δικαιολογηθεί ή παρατηρούμενη αύτή διαφορά.

7. Μέ ποιό τρόπο συνδέεται τό βολτόμετρο σέ ένα κύκλωμα γιά τή μέτρηση τής τάσεως: έν σειρά ή έν παραλλήλω;

8. Νά εξηγηθεί γιατί ή έν παραλλήλω συνδεσμολογία καταναλώσεων προτιμάται στα κύκλωμα φωτισμού.

9. Όταν σέ ένα κύκλωμα τριών καταναλώσεων πού συνδέονται έν παραλλήλω και τροφοδοτούνται από τήν ίδια πηγή προστεθεί και τέταρτη αντίσταση έν παραλλήλω, τί θά συμβεί στην ένταση του ρεύματος τής πηγής; θά αύξηθεί ή θά έλαττωθεί;

10. Νά υποδείξετε τρόπους προσδιορισμού τής όλικής αντίστάσεως ενός κυκλώματος παράλληλης συνδέσεως, πού βρίσκεται σέ τάση.



ΑΣΚΗΣΗ 10  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ  
Μικτή συνδεσμολογία.

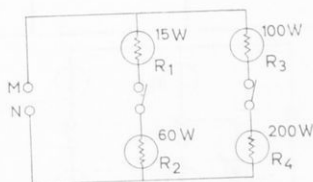
Σε πολλές περιπτώσεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων γίνεται συνδυασμός των δύο τρόπων συνδεσμολογίας των καταναλώσεων, *έν σειρά* και *έν παραλλήλω*. Ο συνδυασμός αυτός των δύο συνδεσμολογιών καλείται *μικτή συνδεσμολογία*. Μέ τη μικτή συνδεσμολογία επιτυγχάνονται επιθυμητές τάσεις και εντάσεις ρευμάτων στα διάφορα τμήματα του όλου κυκλώματος.

Τά χαρακτηριστικά των *έν σειρά* και *έν παραλλήλω* κυκλωμάτων εξετάστηκαν στις δύο προηγούμενες ασκήσεις. Τά χαρακτηριστικά κυκλώματος μικτής συνδεσμολογίας είναι ίδια με τά χαρακτηριστικά μερικών κυκλωμάτων, τά όποια είναι ήδη γνωστά.

Πολλά ηλεκτρολογικά κυκλώματα και τό σύνολο σχεδόν των ηλεκτρονικών είναι κυκλώματα μικτής συνδεσμολογίας.

ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά τοποθετηθοῦν τέσσερις λαμπτήρες των 15, 60, 100 και 200 W/220 V στίς βάσεις (ντουϊ) τοῦ σασσί τῆς ἀσκήσεως, ὅπως φαίνονται στό σχῆμα 10.α.



Σχ. 10.α.

Νά μετρηθοῦν μέ ὠμόμετρο: α) Ἡ ἀντίσταση κάθε λαμπτήρα. β) Ἡ ἀντίσταση τοῦ κάθε κλάδου τῶν λαμπτήρων *έν σειρά*. γ) Ἡ ὅλικη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος.

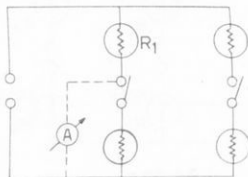
Γιά τή μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως κάθε λαμπτήρα πρέπει ὅλοι οἱ διακόπτες νά εἶναι ἀνοικτοί καί τό ὠμόμετρο νά τοποθετεῖται στά ἄκρα τοῦ λαμπτήρα ποῦ

μετρούμε. Για τη μέτρηση της αντίστασης του ενός κλάδου πρέπει ο διακόπτης αυτού να είναι κλειστός, ενώ ο διακόπτης του άλλου κλάδου παραμένει ανοικτός και το ωμόμετρο συνδέεται στα άκρα του κλάδου. Τέλος για τη μέτρηση της ολικής αντίστασης, πρέπει και οι δύο διακόπτες να είναι κλειστοί και το όργανο να συνδεθεί στην είσοδο του κυκλώματος, δηλαδή στα σημεία (M), (N). Οι ενδείξεις του ωμομέτρου, για όλες τις περιπτώσεις, να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

Λαμπτήρες	Αντίστασεις ( $\Omega$ )
$R_1$ — 15 W	
$R_2$ — 60 W	
$R_3$ — 100 W	
$R_4$ — 200 W	
$R_1 + R_2$ — (15 + 60) W	
$R_3 + R_4$ — (100 + 200) W	
$R_{ολ.}$	

2. Στο κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως να κλεισθούν οι διακόπτες και, αφού ελέγξει ο καθηγητής την όρθη συνδεσμολογία, να εφαρμοσθεί τάση δικτύου 220 V και να μετρηθούν: α) Η τάση στα άκρα κάθε λαμπτήρα. β) Η τάση στα άκρα κάθε κλάδου και γ) η τάση στα άκρα του όλου κυκλώματος. Οι ενδείξεις του βολτομέτρου να γραφούν στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα.

Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_4$			
$R_1 + R_2$			
$R_3 + R_4$			
$R_{ολ.}$			



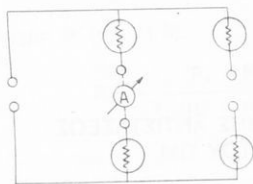
Σχ. 10.β.

3. Να πραγματοποιηθεί το επόμενο κύκλωμα και να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί σε κάθε λαμπτήρα. Αυτό μπορεί να γίνει, όταν ο λαμπτήρας είναι μόνος στο κύκλωμα. Π.χ. στο κύκλωμα του σχήματος 10.β τροφοδοτείται μόνον ο λαμπτήρας ( $R_1$ ). Να γίνει μεταφορά του άμπερομέτρου και

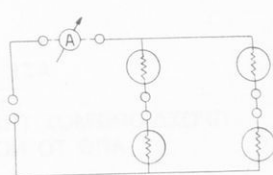
νά μετρηθούν, κατά τόν ίδιο τρόπο, οί έντάσεις τών ρευμάτων, πού διαρρέουν και τούς τρεις άλλους λαμπτήρες.

4. Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα, όπως δείχνει τό σχήμα 10.γ, και νά μετρηθούν οί έντάσεις τών ρευμάτων στους κλάδους του.

Οί ένδειξεις νά γραφοῦν στό γενικό πίνακα τής περιπτώσεως 2.



Σχ. 10.γ.



Σχ. 10.δ.

5. Τέλος νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 10.δ και νά μετρηθεί ή ένταση του όλικου ρεύματος στό κύκλωμα. Η ένδειξη νά γραφεί στό γενικό πίνακα.

6. Νά συγκριθεί ή ένδειξη τής τελευταίας μετρήσεως μέ τις ένδειξεις τών μετρήσεων τής περιπτώσεως 3.

7. Όταν ζητείται νά ελαττωθεί ή τάση, πού εφαρμόζεται σέ ένα κύκλωμα, μέ τή συνδεσμολογία μιās πρόσθετης αντίστασεως, πώς πρέπει νά γίνει ή συνδεσμολογία αυτή; Έν σειρά ή έν παράλληλω;

8. Μέ ποιό τρόπο πρέπει νά συνδεθούν δύο αντίστασεις σέ ένα κύκλωμα, για νά έπιτευχθεί κυκλοφορία μεγαλύτερου συνολικού ρεύματος στό κύκλωμα αυτό;

9. Νά αναφερθούν οί ιδιότητες (τάσεις και ρεύματα στις καταναλώσεις) κυκλωμάτων συνδεσμολογημένων έν σειρά και έν παράλληλω.

## ΑΣΚΗΣΗ 11

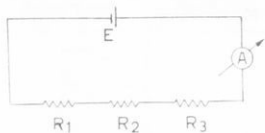
### ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΟΥ ΩΜ

Στις ασκήσεις 8, 9 και 10 εξετάστηκε τό θέμα της συνδέσεως καταναλώσεων στα ηλεκτρικά κυκλώματα κατά διάφορους τρόπους. Στην άσκηση αυτή γίνεται μία άνακεφαλαίωση των θεμάτων, που εξετάστηκαν στις τρεις εκείνες ασκήσεις. Στα κυκλώματα της τωρινής άσκήσεως χρησιμοποιούνται άπλως ώμικές άντιστάσεις, στη θέση των ηλεκτρικών λαμπτήρων των προηγούμενων άσκήσεων, και εξετάζονται πάλι οι έξης τρεις περιπτώσεις συνδεσμολογίας κυκλωμάτων:

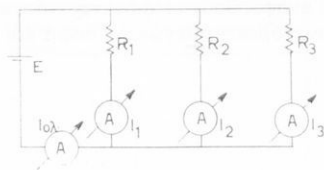
α) *Συνδεσμολογία καταναλώσεων έν σειρά* (σχ. 11.α).

$$R_{\text{ολ.}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

( $R_{\text{ολ.}}$  =  $R_{\text{ολικη}}$ , δηλαδή ή ίσοδύναμη άντίσταση του κυκλώματος).



Σχ. 11.α.



Σχ. 11.β.

β) *Συνδεσμολογία καταναλώσεων έν παραλλήλω* (σχ. 11.β).

$$\frac{1}{R_{\text{ολ.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \eta$$

$$R_{\text{ολ.}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Στήν περίπτωση κατά τήν όποία οι καταναλώσεις είναι μόνο δύο:

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

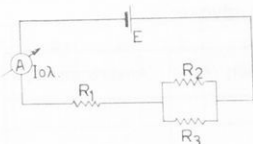
γ) Μικτή συνδεσμολογία:

Παράδειγμα Α' (σχ. 11.γ).

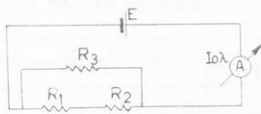
$$R_{ολ.} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Παράδειγμα Β' (σχ. 11.δ).

$$R_{ολ.} = \frac{(R_1 + R_2) \cdot R_3}{(R_1 + R_2) + R_3}$$



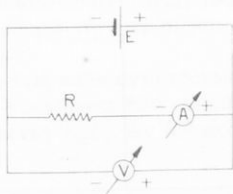
Σχ. 11.γ.



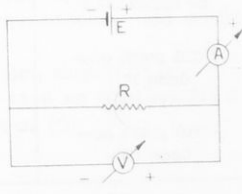
Σχ. 11.δ.

Από όσα έχουν λεχθεί στις προηγούμενες ασκήσεις, η τιμή μιᾶς αντίστασης βρίσκεται: α) ἂν μετρηθεῖ μέ ωμόμετρο. β) Μέ τόν κώδικα τῶν χρωμάτων, ἐφ' ὅσον ἡ ἀντίσταση ἔχει χρώματα. γ) Μέ τήν ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ, ἐφ' ὅσον εἶναι γνωστά τά ἄλλα στοιχεῖα (τάση στά ἄκρα τῆς ἀντίστασης καί ἔνταση ρεύματος μέσα στήν ἀντίσταση).

Γιά τόν ὑπολογισμό τῆς ἀντίστασης κατά τήν τρίτη περίπτωση χρησιμοποιεῖται μιᾶ πηγή, ἓνα βολτόμετρο καί ἓνα ἀμπερόμετρο. Συνδέεται ἡ ἀντίσταση στήν πηγή, συνδέονται καί τά ὄργανα κατάλληλα, ὅποτε ὑπολογίζεται ἡ τιμή τῆς ἀντίστασης ἀπό τίς ἐνδείξεις τάσεως καί ρεύματος, πού παρέχουν τά ὄργανα. Τά σχήματα 11.ε



Σχ. 11.ε.



Σχ. 11.στ.

καί 11.στ δείχνουν τίς συνδεσμολογίες, πού πρέπει νά πραγματοποιηθοῦν γιά τή λήψη τῶν ζητουμένων μετρήσεων. Καί οἱ δύο συνδεσμολογίες θεωροῦνται ὀρθές. Ἡ ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ βολτομέτρου εἶναι πολύ μεγάλη καί ἡ ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ ἀμπερομέτρου εἶναι πολύ μικρή. Ἐπομένως στίς περισσότερες ἀπό τίς συνήθεις μετρήσεις οἱ ἀντιστάσεις αὐτές τῶν ὀργάνων θεωροῦνται ἀμελητέες.

καί συνεπώς από τις ένδειξεις των οργάνων στις συνδεσμολογίες αυτές υπολογίζεται ή αντίσταση εφαρμόζοντας τή σχέση:

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

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Δίνονται τρεις αντίστασεις, ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), ( $R_3$ ), καί μιά πηγή συνεχούς ρεύματος. Νά συνδεσμολογηθούν ανά μία οί αντίστασεις στήν πηγή καί νά μετρηθεί: α) 'Η ένταση του ρεύματος στό κύκλωμα. β) 'Η τάση στά άκρα τής αντίστασεως. 'Από τίς ένδειξεις τάσεως καί εντάσεως νά υπολογισθεί ή τιμή τής αντίστασεως.

Οί ένδειξεις των μετρήσεων καί τά αποτελέσματα των υπολογισμών νά γραφοῦν στίς σχετικές στήλες του επόμενου πίνακα:

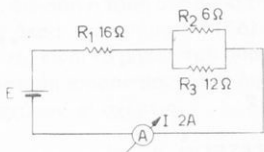
	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			

2. Νά συνδεσμολογηθούν οί τρεις ίδιες αντίστασεις: α) 'Εν σειρά. β) 'Εν παραλλήλω καί γ) κατά μικτή συνδεσμολογία, όπως δείχνουν τά σχήματα 11.α, β, γ. Νά ληφθούν οί μετρήσεις εντάσεως καί τάσεως σε κάθε περίπτωση καί από αυτές νά υπολογισθεί ή όλικη αντίσταση του κυκλώματος. Νά σχεδιασθούν οί πραγματοποιηθείσες συνδεσμολογίες καί νά γραφοῦν τά αποτελέσματα στον επόμενο πίνακα:

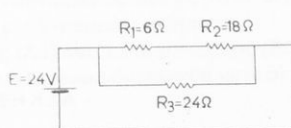
$R_1, R_2, R_3$	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
Έν σειρά			
Έν παραλλήλω			
Κατά μικτή σύνδεση (Α')			
Κατά μικτή σύνδεση (Β')			

3. Στήν έν παραλλήλω συνδεσμολογία, νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος σε κάθε κλάδο του κυκλώματος καί νά υπολογισθεί από αυτήν καί από τήν τάση, χωριστά ή τιμή των αντίστασεων ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), καί ( $R_3$ ). 'Από τίς τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), καί ( $R_3$ ) νά υπολογισθεί ή όλικη αντίσταση του κυκλώματος ( $R_{ολ}$ ) καί νά συγκριθεί μέ εκείνη πού βρέθηκε από τίς μετρήσεις τής προηγούμενης περιπτώσεως γιά τήν έν παραλλήλω συνδεσμολογία. 'Επίσης νά συγκριθούν οί υπολογισθείσες τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ) μέ εκείνες, πού βρέθηκαν στήν περίπτωση 1.

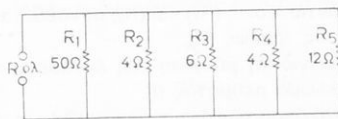
4. να υπολογισθεί η τάση της πηγής στο κύκλωμα του σχήματος 11.ζ.
5. Νά υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος ( $I_{ολ}$ ) στο κύκλωμα του σχήματος 11.η.
6. Νά υπολογισθεί η ( $R_{ολ}$ ) του κυκλώματος του σχήματος 11.θ.



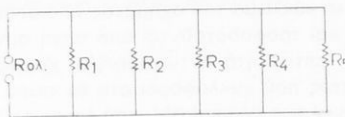
Σχ. 11.ζ.



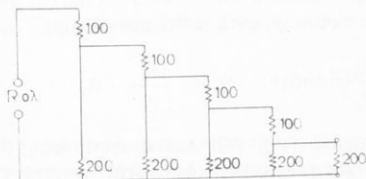
Σχ. 11.η.



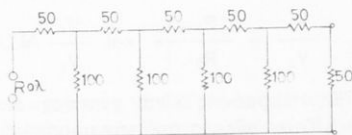
Σχ. 11.θ.



Σχ. 11.ι.



Σχ. 11.ια.



Σχ. 11.ιβ.

7. Νά υπολογισθεί η ( $R_{ολ}$ ) του κυκλώματος του σχήματος 11.ι και νά βρεθεί άπλός τύπος για την περίπτωση πολλών ίσων αντιστάσεων που συνδέονται εν παραλλήλω.

Έάν η τιμή κάθε αντίστασης είναι  $10 \Omega$ , πόση είναι η ( $R_{ολ}$ );

8. Στά κυκλώματα των σχημάτων 11.ια και 11.ιβ νά υπολογισθεί η ( $R_{ολ}$ ). Οι αναγραφόμενες τιμές των αντιστάσεων δίνονται σε ( $\Omega$ ).

## ΑΣΚΗΣΗ 12

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

#### A. Μέ τη Μέθοδο της Συγκρίσεως.

Στό κύκλωμα του σχήματος 12.α οι δύο αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) συνδέονται έν σειρά και τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσεως ( $E$ ).

Η μεταβλητή αντίσταση ( $R_3$ ) χρησιμεύει για τη ρύθμιση της έντασης του ρεύματος που κυκλοφορεί στο έν σειρά κύκλωμα ρεύματος ( $I$ ).

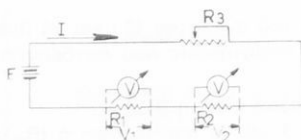
Οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ), που επικρατούν στα άκρα των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ), ισοούνται αντίστοιχα μέ:

$$V_1 = R_1 \cdot I \quad \text{καί} \quad V_2 = R_2 \cdot I$$

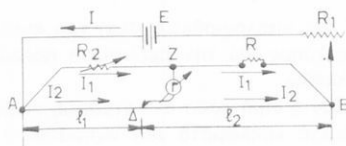
Από τη διαίρεση των δύο παραπάνω σχέσεων κατά μέλη προκύπτει:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1 \cdot I}{R_2 \cdot I} \quad \text{καί} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad \text{όποτε} \quad R_1 = \frac{V_1}{V_2} \cdot R_2$$

Εάν επομένως είναι γνωστές οι τάσεις ( $V_1$ ), ( $V_2$ ) και η αντίσταση ( $R_2$ ), υπολογίζεται εύκολα από την παραπάνω σχέση η τιμή της άγνωστης αντίστασης ( $R_1$ ).



Σχ. 12.α.



Σχ. 12.β.

#### B. Μέ τη χρήση Γέφυρας.

Το κύκλωμα γέφυρας του σχήματος 12.β τροφοδοτείται από πηγή συνεχούς τάσεως ( $E$ ) και έχει ένα όργανο ( $\Gamma$ ) με μηδενική ένδειξη στη μέση της κλίμακας, που είναι συνήθως ένα γαλβανόμετρο. Η αντίσταση ( $R_2$ ) είναι γνωστή (βαθμολογημένη) αντίσταση, η δέ ( $R$ ) είναι η άγνωστη. Ο κλάδος ( $AB$ ) παριστάνει τεντωμένο-σύρμα, που και αυτό έχει σημαντική ωμική αντίσταση. Η μεταβλητή αντίσταση ( $R_1$ ) χρησιμεύει για τη ρύθμιση της έντασης του όλικου ρεύματος ( $I$ ) που κυκλοφορεί στο κύκλωμα.



Τό γαλβανόμετρο δέν δείχνει καμιά διέλευση ρεύματος, όταν ή διαφορά δυναμικού στά σημεία (Ζ), (Δ) τής γέφυρας είναι μηδέν. Στην περίπτωση αυτή ή τάση στά άκρα τής (R<sub>2</sub>) είναι ίση πρός τήν τάση στά άκρα του τμήματος (ΑΔ) τής αντίστασεως εϋθύγραμμου σύρματος. Τό ίδιο ισχύει καί για τό άλλο τμήμα τής γέφυρας, δηλαδή ή τάση στά άκρα τής άγνωστης αντίστασεως (R) είναι ίση πρός τήν τάση στά άκρα του τμήματος (ΒΔ) του εϋθύγραμμου σύρματος.

Εάν (I<sub>1</sub>) είναι τό μήκος του σύρματος (ΑΔ) καί (I<sub>2</sub>) τό μήκος του (ΒΔ), τότε κατά τήν κατάσταση ισορροπίας, όταν δηλαδή ή διαφορά δυναμικού μεταξύ (Ζ), (Δ) είναι μηδέν, ισχύουν οι σχέσεις:

$$R_2 \cdot I_1 = \kappa \cdot I_1 \cdot I_2 \quad \text{καί} \quad R \cdot I_1 = \kappa \cdot I_2 \cdot I_2$$

(κ είναι ένας συντελεστής, πού εισάγεται, επειδή χρησιμοποιούνται τά μήκη I<sub>1</sub> καί I<sub>2</sub>, αντί για τίς ωμικές αντιστάσεις των συρμάτων).

Από τή διαίρεση των δύο αυτών σχέσεων κατά μέλη προκύπτει:

$$\frac{R}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}, \quad \text{όπότε} \quad R = R_2 \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

Επομένως, εάν είναι γνωστά τά στοιχεία (R<sub>2</sub>), (I<sub>1</sub>) καί (I<sub>2</sub>), υπολογίζεται ή άγνωστη αντίσταση (R).

Η (R<sub>2</sub>) πρέπει να είναι μεταβλητή αντίσταση βαθμολογημένη σε Ω. Επίσης τά μήκη (I<sub>1</sub>) καί (I<sub>2</sub>) για κάθε κατάσταση ισορροπίας μετρούνται άμέσως σε βαθμολογημένη κλίμακα, παράλληλα πρός τήν όποια βρίσκεται ή εϋθύγραμμη αντίσταση.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 12.α. Σ' αυτό ή μέν (R<sub>1</sub>) έχει άγνωστη τιμή, ή δέ (R<sub>2</sub>) γνωστή τιμή. Να ρυθμισθεί ή μεταβλητή αντίσταση (R<sub>3</sub>), ώστε οι τάσεις στά άκρα των αντίστασεων (R<sub>1</sub>) καί (R<sub>2</sub>), να δημιουργούν εμφανείς άποκλίσεις των δεικτών των όργάνων (V<sub>1</sub>) καί (V<sub>2</sub>), για να διευκολύνονται οι μετρήσεις καί από αυτές οι υπολογισμοί. Να ληφθούν οι ένδειξεις των (V<sub>1</sub>) καί (V<sub>2</sub>) καί άκολούθως, από τή σχέση:

$$R_1 = \frac{V_1}{V_2} \cdot R_2,$$

να υπολογισθεί ή άγνωστη (R<sub>1</sub>).

2. Να επαναληφθεί ή ίδια εργασία καί για άλλες τρεις άγνωστες αντιστάσεις στη θέση τής (R<sub>1</sub>). Οι ένδειξεις των μετρήσεων καί οι υπολογισμοί να γραφούν στον άκόλουθο πίνακα.

Αντιστάσεις	R <sub>2</sub> (σε Ω)	V <sub>1</sub> (σε V)	V <sub>2</sub> (σε V)	R <sub>1</sub> (σε Ω)
1				
2				
3				

3. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 12.β. Νά ρυθμισθεί ή ( $R_1$ ), ώστε τό γαλβανόμετρο νά δείχνει μικρό ρεύμα, όταν ή έπαφή ( $\Delta$ ) βρίσκειται περίπου στό μέσο της χορδής ( $AB$ ). Μετά νά ρυθμισθεί ή ( $R_2$ ), ώστε τό ρεύμα πού περνά από τό γαλβανόμετρο νά μηδενισθεί. Τότε ή γέφυρα βρίσκειται σέ ισορροπία. Στην κατάσταση ισορροπίας νά μετρηθούν ή ( $R_2$ ) (μέ ώμόμετρο, εάν δέν είναι βαθμολογημένη) καί τά μήκη ( $l_1$ ) καί ( $l_2$ ). Άκολούθως από τίς γνωστές ( $R_2$ ), ( $l_1$ ) καί ( $l_2$ ), νά υπολογισθεί ή τιμή της άγνωστης αντίστασως ( $R$ ).

4. Νά μεταβληθεί ή τιμή της αντίστασως ( $R_2$ ) καί νά επιδιωχθεί ξανά ισορροπία της γέφυρας μέ μετακίνηση του δρομέα ( $\Delta$ ) επάνω στην αντίσταση — εύθύγραμμο σύρμα. Νά γραφούν οι ένδείξεις των ( $R_2$ ), ( $l_1$ ) καί ( $l_2$ ) καί από αυτές νά υπολογισθεί ξανά ή τιμή της άγνωστης αντίστασως ( $R$ ).

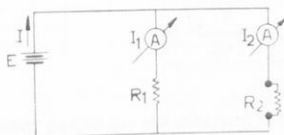
5. Νά επαναληφθεί ή εργασία της προηγούμενης έρωτήσεως πέντε ακόμη φορές, για έντε διαφορετικές τιμές της ( $R_2$ ) καί νά υπολογισθεί για κάθε περίπτωση ή τιμή της άγνωστης αντίστασως ( $R$ ). Οι ένδείξεις των μετρήσεων καί οι υπολογισμοί νά γραφούν στον έπόμενο πίνακα:

	$R_2$ ( $\Omega$ )	$l_1$ (cm)	$l_2$ (cm)	$R$ ( $\Omega$ )	Μέσος όρος
1					
2					
3					
4					
5					

6. Έάν από τίς προηγούμενες μετρήσεις καί υπολογισμούς προκύπτουν, από κάθε περίπτωση, διαφορετικές τιμές της άγνωστης ( $R$ ), νά υπολογισθεί ό μέσος όρος των τιμών αυτών καί νά γραφεί στή σχετική στήλη του προηγούμενου πίνακα.

7. Έάν ή αντίσταση ( $R_2$ ) είναι ίση ή διπλάσια ή τριπλάσια από την ( $R$ ), ποιά σχέση θά ύφίσταται μεταξύ των μηκών ( $A\Delta$ ) καί ( $\Delta B$ ) της αντίστασως σύρματος της γέφυρας;

8. Δίνεται τό κύκλωμα του σχήματος 12.γ.



Σχ. 12.γ.

Έάν σ' αυτό ή ( $R_1$ ) καί οι έντάσεις ( $I_1$ ) καί ( $I_2$ ) είναι γνωστές, νά εύρεθεί τύπος ύπολογισμού της (άγνωστης) ( $R_2$ ) από τίς ( $R_1$ ), ( $I_1$ ), ( $I_2$ ).

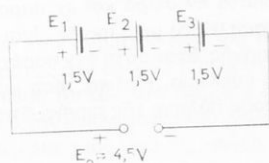
## ΑΣΚΗΣΗ 13

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ

#### Μέτρηση ΗΕΔ.

Α. Στην πρώτη άσκηση αναφέρθηκαν με συντομία τά περιήλεκτρικῶν στοιχείων καί τά χαρακτηριστικά τῶν διαφόρων συνδεσμολογιῶν τους. Στήν τωρινή άσκηση επιχειρεΐται περισσότερο λεπτομερής εξέταση τῶν τριῶν τρόπων συνδεσμολογίας ηλεκτρικῶν στοιχείων, δηλαδή έν σειρά, έν παραλλήλῳ καί κατά μικτή σύνδεση.

#### I. Συνδεσμολογία στοιχείων έν σειρά (σχ. 13.α).



Σχ. 13.α.

Τό συγκρότημα αυτό τῶν ηλεκτρικῶν στοιχείων λέγεται **συστοιχία** ή **μπατταρία**. Π.χ. μιά «έξάβολτη» μπατταρία αυτοκινήτου αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία, τῶν δύο βόλτ, τά όποία είναι έν σειρά συνδεμένα, ένῳ μιά «δωδεκάβολτη» αποτελείται από έξι στοιχεία έν σειρά. Στήν έν σειρά σύνδεση οί τάσεις τῶν στοιχείων δέν είναι απαραίτητο νά είναι ίσες μεταξύ τους.

Τά χαρακτηριστικά μιάς έν σειρά συνδεσμολογίας στοιχείων καί γενικά ηλεκτρικῶν πηγῶν είναι:

- α) Ἡ τάση στά άκρα τῆς συστοιχίας είναι ίση μέ τό άθροισμα τῶν τάσεων τῶν στοιχείων, από τά όποία αποτελείται ή συστοιχία.
- β) Ἡ έσωτερική αντίσταση πού παρουσιάζει ή συστοιχία, είναι ίση μέ τό άθροισμα τῶν έσωτερικῶν αντιστάσεων τῶν στοιχείων τῆς.
- γ) Ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, πού μπορεΐ νά παρέχει ή συστοιχία, είναι ίση μόνο μέ τήν ένταση τοῦ ρεύματος, πού μπορεΐ νά παρέχει ένα από τά στοιχεία τῆς καί μάλιστα εκείνο, πού παρέχει τή μικρότερη ένταση. Ὅποιαδήποτε προσπάθεια γιά παροχή ρεύματος μεγαλύτερης έντάσεως θά όδηγήσει στήν καταστροφή τοῦ στοιχείου αὐτοῦ.

#### II. Συνδεσμολογία στοιχείων έν παραλλήλῳ (σχ. 13.β).

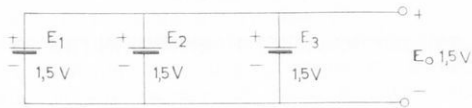
Γιά νά πραγματοποιηθεΐ συνδεσμολογία στοιχείων έν παραλλήλῳ άπαιτοῦνται οί άκόλουθες προϋποθέσεις:

α) Όλα τὰ στοιχεῖα νά παρέχουν τή ἴδια τάση (ταυτότητα ὀνομαστικῶν τάσεων).

β) Όλα τὰ στοιχεῖα νά ἔχουν ὅμοιες ἐσωτερικές ἀντιστάσεις.

Τά χαρακτηριστικά τῆς ἐν παραλλήλῳ συνδεσμολογίας εἶναι:

α) Ἡ τάση στὰ ἄκρα τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση πρὸς τὴν τάση ἑνὸς μόνου στοιχείου.



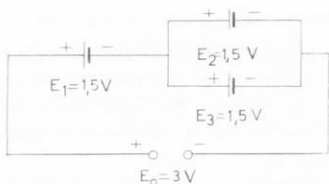
Σχ. 13.β.

β) Τὸ ρεῦμα, πού μπορεῖ νά παρέχει ἡ συστοιχία σὲ ἐξωτερικό κύκλωμα, εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων, πού μπορεῖ νά παρέχουν τὰ στοιχεῖα πού τὴν ἀποτελοῦν.

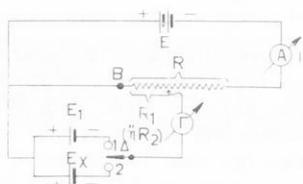
### III. Μικτὴ συνδεσμολογία στοιχείων (σχ. 13.γ).

Τά χαρακτηριστικά αὐτῆς τῆς συνδεσμολογίας εἶναι τὰ χαρακτηριστικά πού ἔχουν τὰ ἐπὶ μέρους κυκλώματα ἐν σειρᾷ καὶ ἐν παραλλήλῳ.

Β. **Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη** (HEΔ) μιᾶς πηγῆς εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ, πού ἐπικρατεῖ στοὺς πόλους τῆς πηγῆς, ὅταν αὐτὴ δέν παρέχει ρεῦμα, δηλαδή, ὅταν δέν εἶναι συνδεσμολογημένη σὲ κύκλωμα. **Πολικὴ τάση** μιᾶς πηγῆς εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ, πού ἐπικρατεῖ στοὺς πόλους τῆς πηγῆς, ὅταν αὐτὴ παρέχει ρεῦμα στὸ κύκλωμα.



Σχ. 13.γ.



Σχ. 13.δ.

Ἐάν ἐπιχειρηθεῖ ἡ μέτρηση τῆς HEΔ μιᾶς πηγῆς μὲ βολτόμετρο, θά κυκλοφορήσει στὸ ὄργανο ρεῦμα καὶ ἔτσι ἀντὶ γιὰ τὴν HEΔ, θά μετρηθεῖ ἡ πολικὴ τάση. Ἡ HEΔ συνεπῶς μπορεῖ νά μετρηθεῖ μόνον μὲ ἔμμεσο τρόπο, ὅπως εἶναι ἡ μέθοδος τῆς **ἀντισταθμίσεως** (σχ. 13.δ).

Ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα, μιά πηγὴ (E) μὲ σταθερὴ HEΔ καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τροφοδοτεῖ μεταβλητὴ ἀντίσταση (R), πού εἶναι εὐθύγραμμο σύρμα μὲ σημαντικὴ ὠμικὴ ἀντίσταση. Ἡ ( $E_1$ ) εἶναι πρότυπο στοιχεῖο γνωστῆς HEΔ καὶ τροφοδοτεῖ ἕνα τμήμα τῆς (R). Ἡ ( $E_x$ ) εἶναι ἡ πηγὴ τῆς ἀγνωστῆς HEΔ, τὴν ὁποία ἐπιθυμοῦμε νά μετρήσουμε.

Τοποθετεῖται πρῶτα ὁ διακόπτης (Δ) στὴ θέση 1 καὶ μετακινεῖται ἡ κινητὴ ἐπαφὴ (K), ὥστε τὸ ὄργανο (Γ), πού εἶναι ἐν σειρᾷ στὸ κύκλωμα τῆς ( $E_1$ ), νά δείξει

μηδέν. (Τό ὄργανο Γ εἶναι γαλβανόμετρο μέ μηδενική ἔνδειξη στό μέσο τῆς κλίμακας).

Ἡ μηδενική ἔνδειξη τοῦ γαλβανομέτρου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τό ρεῦμα (I), πού προκαλεῖ ἡ πηγή (E), καθὼς διέρχεται ἀπό τήν (R), δημιουργεῖ μιὰ τάση (πτώση τάσεως) καί στό τμήμα (BK) τῆς ἀντιστάσεως αὐτῆς. Ἐάν λοιπόν ἡ τάση αὐτή, μέ τή μετακίνηση τῆς ἐπαφῆς (K), γίνει ἴση πρός τήν τάση (HEΔ) τῆς πηγῆς (E<sub>1</sub>), οἱ δύο τάσεις ἀντισταθμίζονται (ἢ μία ἐξουδετερώνει τήν ἄλλη) καί συνεπῶς ἀπό τό γαλβανόμετρο (Γ) δέ θά διέλθει ρεῦμα. Στήν κατάσταση αὐτή τῆς ἰσορροπίας ἰσχύει ἡ σχέση:

$$E_1 = R_1 \cdot I,$$

ὅπου: (R<sub>1</sub>) εἶναι ἡ ἀντίσταση τοῦ τμήματος (BK).

Σημειώνεται ἡ θέση ἐπάνω στή (R), γιά τήν ὁποία ἔχει ἐπιτευχθεῖ ἰσορροπία, δηλαδή ἡ ἀντιστάθμιση τῆς (E<sub>1</sub>), καί ἀκολουθῶς στρέφεται ὁ διακόπτης (Δ) στή θέση 2, ὁπότε στό κύκλωμα συνδέεται ἡ πηγή (E<sub>x</sub>), μέ τήν ἄγνωστη HEΔ. Μετακινεῖται ἡ ἐπαφή (K), ὅπως προηγουμένως, καί ὅταν ἐπιτευχθεῖ πάλι μηδενική ἔνδειξη τοῦ γαλβανομέτρου ἰσχύει ἡ σχέση:

$$E_x = R_2 \cdot I,$$

ὅπου: (R<sub>2</sub>) εἶναι ἡ ἀντίσταση τοῦ τμήματος (BK) γιά τή νέα θέση τῆς ἐπαφῆς (K).

Ἡ μή κυκλοφορία ρεύματος στό ὄργανο (Γ) καί στίς δύο περιπτώσεις σημαίνει, ὅπως ἀναφέρθηκε, ὅτι ἡ πτώση τάσεως στά τμήματα ἀντιστάσεως (R<sub>1</sub>) καί (R<sub>2</sub>) τῆς (R), ἢ ὁποία προκαλεῖται ἀπό τήν κυκλοφορία τοῦ ρεύματος (I), πού παρέχει ἡ πηγή (E), ἀντισταθμίζει τήν HEΔ κάθε μιᾶς ἀπό τίς πηγές (E<sub>1</sub>) καί (E<sub>x</sub>) ἀντιστοίχως.

Διά διαιρέσεως κατά μέλη τῶν δύο παραπάνω σχέσεων προκύπτει:

$$\frac{E_1}{E_x} = \frac{R_1 \cdot I}{R_2 \cdot I} \quad \text{καί ἀπό αὐτή} \quad E_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot E_1.$$

Ἡ (E<sub>1</sub>) εἶναι πρότυπο στοιχεῖο γνωστῆς τάσεως. Οἱ ἀντιστάσεις (R<sub>1</sub>) καί (R<sub>2</sub>) μπορεῖ νά μετρηθοῦν. Ἐπίσης ἀντί γιά τίς ἀντιστάσεις (R<sub>1</sub>), (R<sub>2</sub>), μπορεῖ νά τεθοῦν στόν τύπο πού βρέθηκε τά ἀντίστοιχα μήκη τοῦ σύρματος τῶν ἀντιστάσεων (l<sub>1</sub>) καί (l<sub>2</sub>), ἐφ' ὅσον ἡ (R) εἶναι ἀντίσταση εὐθύγραμμου σύρματος.

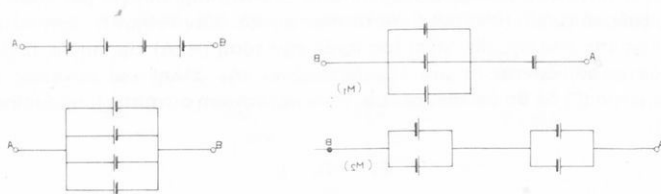
Μέ τόν τρόπο, πού περιγράφεται παραπάνω, προσδιορίζεται ἡ τιμή τῆς ἄγνωστης HEΔ μιᾶς πηγῆς χωρίς ἄμεση μέτρησή της.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθοῦν συνδυασμοί τεσσάρων ξηρῶν στοιχείων καί κατά τούς τρεῖς τρόπους συνδεσμολογίας, ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 13.ε. Νά γίνουν μετρήσεις τῶν τάσεων στά σημεία A — B, καί σέ κάθε περίπτωση οἱ ἔνδειξεις νά γραφοῦν στόν ἑπόμενο πίνακα.

2. Ἐάν ἡ ἐσωτερική ἀντίσταση καθενός ἀπό τά προηγούμενα στοιχεία εἶναι 0,2 Ω, νά ὑπολογισθεῖ, γιά κάθε συνδεσμολογία ἡ (r) τῆς συστοιχίας καί νά συμπληρωθεῖ ὁ πίνακας τῆς προηγούμενης ἐρωτήσεως.

3. Με τὴ μέθοδο τῆς ἀντισταθμίσεως νά μετρηθεῖ ἡ ΗΕΔ τῶν τριῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων, πού δίνονται στήν ἀσκηση (βλέπε σχετικό κύκλωμα στή θεωρία).



Σχ. 13.ε.

Σύνδεση	$E_0$ (V)	$r$ συστοιχίας ( $\Omega$ )
Ἐν σειρά		
Ἐν παραλλήλῳ		
Κατά μικτὴ σύνδεση ( $M_1$ )		
Κατά μικτὴ σύνδεση ( $M_2$ )		

4. Νά μετρηθεῖ ἡ τάση τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων μέ βολτόμετρο καί νά σημειωθεῖ ἡ διαφορά τῶν δύο μετρήσεων.

5. Νά πραγματοποιηθεῖ ἀπλό ἠλεκτρικό κύκλωμα, στό ὁποῖο νά χρησιμοποιηθεῖ ὡς πηγή ἓνα ἀπό τά τρία στοιχεία τῆς ἀσκήσεως. Νά μετρηθεῖ: α) Ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ στοιχείου, ὅταν αὐτό παρέχει ρεῦμα στό κύκλωμα (πολική τάση), καί β) ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα.

Τό ἴδιο νά ἐπαναληφθεῖ καί μέ τά ἄλλα δύο στοιχεία καί ὅλες οἱ ἐνδείξεις νά γραφοῦν στόν ἐπόμενο πίνακα.

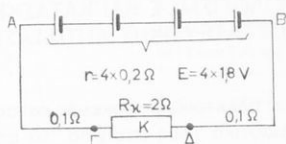
6. Ἀπό τίς μετρήσεις τῆς προηγούμενης περιπτώσεως νά ὑπολογισθοῦν ἡ ἐσωτερική πτώση τάσεως σέ κάθε στοιχείο καθώς καί ἡ ἐσωτερική ἀντίστασή του. Τά ἀποτελέσματα τῶν ὑπολογισμῶν νά γραφοῦν στίς σχετικές στήλες τοῦ ἐπόμενου πίνακα.

Στοιχεῖα	ΗΕΔ (V)	Πολική τάση (V)	Ἐνταση (A)	Ἐσωτερική πτώση τάσεως (V)	Ἐσωτερική ἀντίσταση ( $\Omega$ )
1					
2					
3					

7. Μιά συστοιχία αποτελείται από τέσσερα στοιχεία, κάθε ένα από τα οποία έχει ΗΕΔ ίση προς  $1,8\text{ V}$  και έσωτερική αντίσταση  $0,2\ \Omega$ . Η συστοιχία τροφοδοτεί ένα συγκρότημα λαμπτήρων (Κ), που έχουν συνολική αντίσταση  $R_K = 2\ \Omega$ . Οι συνδετικοί άγωγοι (ΑΓ) και (ΔΒ) (σχ. 13.στ) παρουσιάζουν αντίσταση  $0,1\ \Omega$  ο καθένας.

Νά υπολογισθεί:

- α) Η ΗΕΔ (Ε) της συστοιχίας. β) Η έσωτερική αντίσταση ( $r$ ) της συστοιχίας. γ) Η συνολική αντίσταση (R) του έξωτερικού κυκλώματος. δ) Η ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα. ε) Η τάση στα σημεία (ΓΔ). στ) Η πτώση τάσεως στους συνδετικούς άγωγούς. ζ) Η πολική τάση της συστοιχίας.



Σχ. 13 · στ.

## ΑΣΚΗΣΗ 14

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

Γενικῶς, οἱ κάθε εἶδους ἠλεκτρικὲς συσκευὲς κατασκευάζονται γιὰ νὰ λειτουργοῦν σύμφωνα μὲ τὰ ὀνομαστικά τους στοιχεῖα. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ἀναγράφονται στὴν κατασκευαστικὴ πινακίδα τῶν συσκευῶν καὶ εἶναι: *ἡ τάση λειτουργίας καὶ ἡ ἔνταση ἢ ἡ τάση καὶ ἡ ἰσχύς καταναλώσεως τῶν συσκευῶν.*

Μιά ἠλεκτρικὴ συσκευή, γιὰ νὰ λειτουργεῖ ὀμαλά, δηλαδὴ χωρὶς νὰ ὑπερθερμαίνεται, πρέπει νὰ τροφοδοτεῖται μὲ τὴν ὀνομαστικὴ τάση, ὁπότε θὰ διαρρέεται ἀπὸ τὸ κανονικὸ (ἐπιτρεπόμενο) ρεῦμα. Ἐάν τὸ ρεῦμα ποῦ διαρρέει τὴ συσκευή εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ κανονικόν, τότε ἡ συσκευή δέν θὰ λειτουργεῖ μὲ πλήρη ἀπόδοση ἢ καὶ δέν θὰ λειτουργεῖ καθόλου. Ἀντίθετα, ἐάν τὸ ρεῦμα εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ κανονικόν, τότε ἡ συσκευή θὰ ὑπερθερμαίνεται καὶ ἀργὰ ἢ γρήγορα θὰ καταστραφεῖ.

Σὲ πολλὲς περιπτώσεις παρουσιάζεται τὸ ἔξης πρόβλημα: Μιά συσκευή κατασκευασμένη γιὰ ὀρισμένη τάση λειτουργίας (π.χ. 110 V, τέτοιες εἶναι οἱ Ἀμερικανικὲς κατασκευὲς συσκευῆς) πρέπει νὰ ἐργασθεῖ σὲ δίκτυο μεγαλύτερης τάσεως (π.χ. 220 V). Φυσικά, ἐάν ἡ συσκευή συνδεθεῖ ἀπ' εὐθείας στὸ νέο δίκτυο, δηλαδὴ τὴ μεγαλύτερη αὐτὴ τάση, θὰ καταστραφεῖ. Ἡ λύση τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ ὁ περιορισμὸς τοῦ ρεύματος ποῦ διέρχεται ἀπὸ τὴ συσκευή, στὴν κανονικὴ του τιμὴ ἢ ἡ προσαρμογὴ τῆς τάσεως τῆς πηγῆς πρὸς τὴν τάση λειτουργίας τῆς συσκευῆς, ἐπιτυγχάνεται γενικῶς κατὰ δύο τρόπους:

#### **α) Μὲ μετασχηματιστὴ προσαρμογῆς.**

Ὁ μετασχηματιστὴς αὐτὸς λέγεται καὶ μετασχηματιστὴς τροφοδοτήσεως ἢ δικτύου καὶ ἐργάζεται μόνον στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Στὴν ἀσκηση 35 ἐξετάζονται τὰ διάφορα εἶδη τῶν μετασχηματιστῶν.

#### **β) Μὲ προστατευτικὴ ἀντίσταση.**

Ἡ προστατευτικὴ ἀντίσταση, ποῦ μελετοῦμε στὴν ἀσκηση αὐτὴ, συνδέεται ἐν σειρά μὲ τὴ συσκευή, ὥστε καὶ οἱ δύο μαζί νὰ δίνουν ἄθροισμα ἀντιστάσεως, ποῦ νὰ περιορίζει τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος στὴν τιμὴ τὴν ἀπαιτούμενη γιὰ τὴν κανονικὴ λειτουργία τῆς συσκευῆς. Μὲ τὴ συνδεσμολογία αὐτὴ ἡ προστατευτικὴ ἀντίσταση δημιουργεῖ τὴν ἀπαιτούμενη πτώση τάσεως, ὥστε στὰ ἄκρα τῆς συσκευῆς νὰ ἐφαρμόζεται ἡ κανονικὴ γιὰ τὴ λειτουργία τῆς τάση.

Ἡ προστατευτικὴ ἀντίσταση μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ τόσο σὲ κύκλωμα συνεχοῦς ὅσο καὶ σὲ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Στὸ σχῆμα 14.α φαίνεται ὁ τρόπος συνδεσμολογίας προστατευτικῆς ἀντιστάσεως καὶ συσκευῆς.



Στό κύκλωμα αυτό:

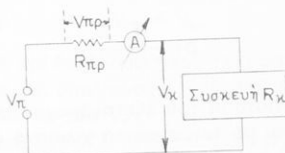
( $V_K$ ) είναι η κανονική τάση λειτουργίας της καταναλώσεως, πού πρέπει να επικρατεί στα άκρα της συσκευής.

( $V_n$ ) είναι η τάση της πηγής, είναι δε  $V_n > V_K$ .

( $V_{np}$ ) είναι η πτώση τάσεως, πού πρέπει να δημιουργηθεί στην ( $R_{np}$ ), ώστε:

$$V_{np} + V_K = V_n$$

Ο υπολογισμός της προστατευτικής αντίστασης είναι άπλός και γίνεται ως εξής:



Σχ. 14.α.

Η ( $R_{np}$ ) συνδέεται εν σειρά με τη συσκευή και επομένως θα διαρρέεται από τό ίδιο με αυτήν ρεύμα. Επίσης πρέπει να προκαλείται σ' αυτή μια πτώση τάσεως τόση, ώστε τό άθροισμα της τάσεως αυτής και της απαιτούμενης τάσεως στα άκρα της συσκευής να είναι ίσο με την τάση της πηγής.

Εάν ( $R_{np}$ ) είναι η ζητούμενη αντίσταση, ( $R_K$ ) είναι η αντίσταση της συσκευής, ( $I_K$ ) τό επιτρεπόμενο ρεύμα στό κύκλωμα (δηλαδή στή συσκευή) και ( $V_n$ ) ή τάση της πηγής, τότε:

$$R_{np} + R_K = \frac{V_n}{I_K}, \text{ \textit{οπότε: } } R_{np} = \frac{V_n}{I_K} - R_K$$

Στό ίδιο αποτέλεσμα καταλήγει ό υπολογισμός, και μάλιστα με λιγότερες πράξεις, όταν αντί της ( $V_n$ ) χρησιμοποιηθεί στόν τύπο ή ( $V_{np}$ ) και δέν αφαιρεθεί τότε ή ( $R_K$ ).

$$\text{Ή } V_{np} = V_n - V_K, \text{ \textit{οπότε: } } R_{np} = \frac{V_{np}}{I_K}$$

Μετά την εύρεση της τιμής της αντίστασης, πρέπει να υπολογισθεί και ή ισχύς της.

Ή ισχύς υπολογίζεται ως τό νινόμενο:

$$R_{np} \cdot I_K^2 \text{ \textit{ή } } V_{np} \cdot I_K$$

Είναι αρκετά δύσκολο να βρεθεί στό εμπόριο ή προστατευτική αντίσταση, ακριβώς με την ώμική τιμή και την ισχύ, πού έχουν υπολογισθεί. Γι' αυτό θά πρέπει ό τεχνικός πολλές φορές να κατασκευάσει ό ίδιος από τά υπάρχοντα στην αγορά ειδικά σύρματα.

Τά σύρματα, πού χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αντίστασεων, χαρακτη-

ρίζονται από την «ειδική αντίσταση» του υλικού, από τό όποιο είναι κατασκευασμένα, και από τή διατομή (τό πάχος) τους.

**Ειδική αντίσταση** είναι ένας συντελεστής, πού χαρακτηρίζει τή συμπεριφορά ενός υλικού από άποψη αντίστασης, τήν όποία τό υλικό αυτό παρουσιάζει στήν κυκλοφορία του ρεύματος. Είναι σταθερό χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε υλικού και όρίζεται ως ή αντίσταση, πού παρουσιάζει ένα κομμάτι από τό έξεταζόμενο υλικό μήκους ενός μέτρου και διατομής ενός τετραγωνικού χιλιοστού.

Ή ειδική αντίσταση συμβολίζεται μέ τό γράμμα ( $\rho$ ) και δίνεται από τή σχέση:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

όπου ( $R$ ) είναι ή όλική αντίσταση του έξεταζόμενου σύρματος σέ  $\omega\mu$ .

( $S$ ) είναι ή διατομή του σέ τετραγωνικά χιλιοστά ( $\text{mm}^2$ ).

( $l$ ) είναι τό μήκος του σύρματος σέ μέτρα ( $\text{m}$ ).

Στίς εφαρμογές τό πρόβλημα τής κατασκευής μιάς προστατευτικής αντίστασης τίθεται συνήθως ως εξής: Είναι γνωστή ή ισχύς τής αντίστασης σύμφωνα μέ όσα άναπτύχθηκαν παραπάνω. Μέ βάση τήν ισχύ αυτή ύπολογίζεται ή ένταση του ρεύματος, πού θά διέρχεται από τό σύρμα, και εκλέγεται ή διατομή ( $S$ ) του σύρματος. Φυσικά ή εκλογή γίνεται από τά σύρματα πού ύπάρχουν στό έμπόριο, για τά όποία οί κατασκευαστές τους όρίζουν τίς αντίστοιχα επιτρεπόμενες έντάσεις. Άφου επιλεγεί τό είδος του σύρματος, είναι πιά γνωστή ή ειδική αντίστασή του, όποτε εφαρμόζοντας τόν τελευταίο τύπο ύπολογίζεται τό μήκος ( $l$ ) του σύρματος, πού άπαιτείται για τήν κατασκευή τής ζητούμενης προστατευτικής αντίστασης:

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

Ήπειδή τό σύρμα πού άπαιτείται για μιά αντίσταση πιθανόν νά έχει αρκετό μήκος, πρέπει νά τυλιχθεί σέ μονωτικό υλικό. Άντιστάσεις μέ μικρή ισχύ μπορούν νά τυλιχθούν επάνω σέ πρεσπάν ή σέ βακελίτη, ενώ για αντίστασεις μέ μεγαλύτερη ισχύ, επιβάλλεται ή χρησιμοποίηση κεραμικού υλικού.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Δίνονται τρεις μικροί λαμπτήρες φωτισμού διαφορετικής κανονικής τάσεως (μικρότερης από 20 V) και διαφορετικού ρεύματος λειτουργίας. Νά ύπολογισθούν πρώτα και άκολουθως νά κατασκευασθούν τρεις προστατευτικές αντίστασεις, για νά συνδεθεί και νά λειτουργήσει όμαλά κάθε λαμπτήρας σέ τάση 20 V.

2. Άφου τροφοδοτηθεί κάθε λαμπτήρας σέ ιδιαίτερο κύκλωμα μέ τήν κανονική τάση λειτουργίας του, νά μετρηθεί τό ρεύμα πού τόν διαρρέει (ό λαμπτήρας είναι συνδεδεμένος στό κύκλωμα μόνος του, χωρίς καμιά προστατευτική αντίσταση).

3. Νά συνδεσμολογηθούν ό λαμπτήρας και ή προστατευτική αντίσταση πού κατασκευάσθηκε εν σειρά. Νά τροφοδοτηθεί τό κύκλωμα μέ τάση 20 V και νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος.

4. Η προηγούμενη άσκηση να επαναληφθεί και για τούς άλλους δύο λαμπτήρες.

5. Εάν μεταξύ των δύο μετρήσεων για κάθε λαμπτήρα (της μιάς με τον λαμπτήρα απ' ευθείας στην κανονική του τάση και της άλλης με τό λαμπτήρα και τήν προστατευτική αντίσταση σε τάση 20 V) παρουσιασθεί διαφορά, να δικαιολογηθεί ποῦ ὀφείλεται αὐτή.

6. Στό κύκλωμα τοῦ λαμπτήρα καί τῆς προστατευτικῆς ἀντιστάσεως ἐν σειρά νά ληφθοῦν μετρήσεις τῶν τάσεων καί νά γίνει ἐπαλήθευση τῆς σχέσεως:

$$V_{\pi} = V_{\pi\rho} + V_{\kappa}.$$

7. Ραδιόφωνο, συνεχoῦς καί ἐναλλασσόμενου ρεύματος ἰσχύος 40 W, λειτουργεῖ κανονικά ὑπό τάση 110 V. Νά υπολογισθεῖ προστατευτική ἀντίσταση, προκειμένου αὐτό νά συνδεθεῖ σέ δίκτυο 220 V.

8. Ἡλεκτρική συσκευή παρουσιάζει ἀντίσταση 220 Ω καί εἶναι κατασκευασμένη γιά νά λειτουργεῖ μέ τάση 110 V. Νά υπολογισθεῖ προστατευτική ἀντίσταση, προκειμένου ἡ συσκευή νά ἐργασθεῖ σέ δίκτυο 220 V.

## ΑΣΚΗΣΗ 15

### ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (Θερμικός συντελεστής αντίστασης).

Στις ασκήσεις 8, 9 και 10, στις οποίες μελετήθηκαν οι διάφοροι τρόποι συνδέσεως καταναλώσεων σε ένα κύκλωμα, διαπιστώθηκε ότι η αντίσταση, που παρουσίαζαν οι καταναλώσεις (λαμπτήρες φωτισμού) κατά τη μέτρηση τους με ωμόμετρο, ήταν σαφώς μικρότερη από εκείνη, που έδιναν οι υπολογισμοί με βάση το νόμο του Ωμ (μετρώντας την τάση και την ένταση).

Παρουσιάζονταν δηλαδή το φαινόμενο της αύξησεως της αντίστασεως του νήματος του λαμπτήρα φωτισμού (νήματος από βολφράμιο) με την αύξηση της θερμοκρασίας· η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν αποτέλεσμα, για την περίπτωση αυτή, της διελεύσεως του ρεύματος.

Άλλά και με όποιονδήποτε άλλον τρόπο και αν μεγάλωνε η θερμοκρασία του νήματος, πάλι η αντίστασή του θά μεγάλωνε.

Δηλαδή η ειδική αντίσταση ( $\rho$ ) των μετάλλων, και κατά συνέπεια η αντίστασή τους:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους. Η σχέση μεταβολής της αντίστασεως με τη θερμοκρασία για ένα στερεό σώμα και για μικρή μεταβολή της θερμοκρασίας είναι:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)],$$

όπου: ( $R_2$ ) είναι η τελική αντίσταση, μετά την αύξηση της θερμοκρασίας (θερμοκρασία  $\theta_2$ ).

( $R_1$ ) είναι η αρχική αντίσταση σε κατάσταση θερμοκρασίας περιβάλλοντος ( $\theta_1$ ).

( $\theta_2$ ) είναι η τελική θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

( $\theta_1$ ) είναι η αρχική θερμοκρασία επίσης σε βαθμούς Κελσίου.

( $\alpha$ ) είναι ο **θερμικός συντελεστής της αντίστασεως**, σύμφωνα με προηγούμενη σχέση δίνεται:

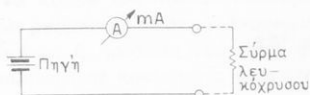
$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

Ο θερμικός συντελεστής ( $\alpha$ ) καθορίζει πόσο μεταβάλλεται κάθε  $\omega\mu$  της άρχικης αντίστασης για κάθε βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας. Για τὰ καθαρά μέταλλα ο συντελεστής ( $\alpha$ ) είναι περίπου 0,004 και είναι θετικός, γιατί ἡ αντίσταση τῶν μετάλλων αὐξάνεται μετὰ τὴν θερμοκρασία. Μόνο γιὰ τὸν ἄνθρακα τὸ ( $\alpha$ ) εἶναι ἀρνητικό, πράγμα πού σημαίνει ὅτι ἡ αντίσταση τοῦ ἄνθρακα ἐλαττώνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία (γιὰ τὸν ἄνθρακα  $\alpha = -0,0002$  ὡς  $-0,0008$ ).

Τὰ κράματα παρουσιάζουν ἰδιαίτερο θερμικὸ συντελεστὴ ἀντιστάσεως ( $\alpha$ ), ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὰ μέταλλα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα αὐτὰ ἀποτελοῦνται, καὶ δική τους εἰδική ἀντίσταση. Ὑπάρχουν κράματα, ὅπως τὸ κονταντάν, ἡ μαγγανίνη καὶ ἄλλα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μεγάλη εἰδική ἀντίσταση καὶ μικρὸ θερμικὸ συντελεστὴ, ὁπότε δὲν ἐπηρεάζονται σχεδὸν καθόλου ἀπὸ τὶς μεταβολές τῆς θερμοκρασίας.

Ἐκμετάλλευση τοῦ φαινομένου τῆς αὐξήσεως τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τὴν θερμοκρασία γίνεται:

α) **Στὰ θερμόμετρα ἀντιστάσεως.** Συνδεσμολογία ἑνὸς θερμομέτρου τοῦ εἶδους αὐτοῦ φαίνεται στὸ σχῆμα 15.α.



Σχ. 15.α.

Ὄταν ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀπὸ λευκόχρυσου σύρματος μεταβάλλεται λόγω μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας, ἡ ἔντασή τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα μεταβάλλεται ἀντίστοιχα καὶ τὸ ὄργανο (μιλιαμπερόμετρο) δείχνει τὴ μεταβολὴ αὐτῆ. Ἄν τὸ ὄργανο εἶναι κατάλληλα βαθμολογημένο σὲ βαθμούς Κελσίου, οἱ ἀποκλίσεις τῆς βελόνης του θὰ δείχνουν ἀπ' εὐθείας τὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας.

β) **Σὲ λυχνίες, σταθεροποιητριάς ἐντάσεως (λυχνίας σιδηροῦδρογόνου).** Σ' αὐτές μὴ ἀντίσταση ἀπὸ νήματα σιδήρου βρίσκεται μετὰ σὲ γιάλινο περίβλημα, στὸ ὁποῖο ἐμπεριέχεται καὶ ἀέριο ὕδρογόνο. Οἱ λυχνίες σιδηροῦδρογόνου συνδέονται ἐν σειρά στὸ κύκλωμα. Ὄταν αὐξηθεῖ γιὰ ὁποιοδήποτε λόγο ἡ τάση τῆς πηγῆς, αὐξάνεται πρὸς στιγμὴ καὶ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος. Αὐτὴ ὁμως ἡ στιγμιαία αὐξηση τοῦ ρεύματος προκαλεῖ αὐξηση τῆς θερμοκρασίας μετὰ ἄμεση συνέπεια τὴν αὐξηση τῆς ἀντιστάσεως τοῦ νήματος τοῦ σιδήρου. Ἔτσι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος περιορίζεται πάλι καὶ παραμένει αἰσθητῶς σταθερή.

Ὁ σίδηρος ἔχει μεγάλη εἰδική ἀντίσταση καὶ ὡς ἐκ τούτου παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές τῆς ἀντιστάσεώς του μαζί μετὰ τὴν θερμοκρασία. Τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 15.β δείχνει συνδεσμολογία σταθεροποιητριάς σιδηροῦδρογόνου.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

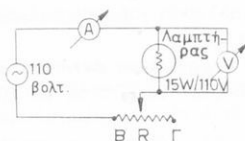
1. Νὰ πραγματοποιηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 15.γ καὶ νὰ μετρηθοῦν: ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρα καὶ ἡ ἔνταση ( $I$ ) τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα, ὅταν ἡ κινητὴ ἐπαφὴ τοῦ ροοστάτη ( $R$ ) (μεταβλητῆς ἀντιστάσεως) εἶναι στὸ σημεῖο ( $F$ ) (μικρότερη δυνατὴ τιμὴ τάσεως καὶ ἐντάσεως).

2. Νά γίνουν οι ίδιες μετρήσεις για ποικίλες θέσεις της κινητής έπαφής του ροοστάτη μεταξύ των σημείων (B) και (Γ). Νά μεταβάλλεται π.χ. ή τάση του λαμπτήρα κατά 10 V, μέχρι τήν τιμή των 110 V. "Όλες οι ένδειξεις νά γραφούν στον έπόμενο πίνακα (αελ. 71).

3. 'Από τις ένδειξεις τάσεων και έντάσεων και μέ τη βοήθεια του νόμου του "Όμ νά υπολογισθεί για κάθε περίπτωση ή αντίστοιχη αντίσταση και νά γραφεί στή σχετική στήλη του πίνακα της περιπτώσεως 2. 'Από τις υπολογιζόμενες τιμές νά παρατηρηθεί ή μεταβολή της αντίστασεως του λαμπτήρα λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας (που προκαλείται από τη διέλευση ρεύματος μεγαλύτερης έντασεως).



Σχ. 15.β.



Σχ. 15.γ.

Μετρήσεις	Τάση (V)	Ένταση (mA)	Αντίσταση (Ω)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

4. Στή θέση του λαμπτήρα νά τοποθετηθεί αντίσταση άνθρακα και νά επαναληφθούν οι προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμοί. Τά αποτελέσματα νά γραφούν σέ πίνακα όπως της περιπτώσεως 2.

ό. Νά συγκριθούν και νά σχολιασθούν οι μεταβολές της αντίστασεως στις δύο περιπτώσεις.

6. 'Η αντίσταση του νήματος ηλεκτρικού λαμπτήρα στή θερμοκρασία των 20° C είναι 25 Ωμ. "Όταν συνδεθεί στό δίκτυο (τάση 220 V), διαρρέεται από ρεύμα έντασεως 0,55 A και ή θερμοκρασία του αυξάνεται και φθάνει τούς 2100° C. Νά υπολογισθούν: α) 'Η αντίσταση του λαμπτήρα έν θερμώ. β) 'Ο θερμικός συντελεστής αντίστασεως του βολφραμίου, από τόν όποιο είναι κατασκευασμένο τό νήμα του λαμπτήρα.

## ΑΣΚΗΣΗ 16

### ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΙΡΧΩΦ

#### Πτώση τάσεως

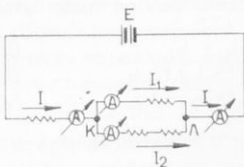
Ο πρώτος κανόνας του Κίρχωφ λέει: *Τό άθροισμα τών έντάσεων τών ρευμάτων, τά όποία φθάνουν σέ ένα κόμμο ηλεκτρικού κυκλώματος, είναι ίσο πρός τό άθροισμα τών έντάσεων τών ρευμάτων, τά όποία αναχωρούν από τόν κόμμο αυτόν.*

Ο πρώτος αυτός κανόνας ή πρόταση του Κίρχωφ, όπως φαίνεται από τό περιεχόμενό του, έχει εφαρμογή σέ κυκλώματα παράλληλης συνδεσμολογίας.

Ο δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ, πού έχει εφαρμογή σέ συνδεσμολογία σειρās λέει: *Τό άθροισμα τών πτώσεων τάσεως σέ ένα κύκλωμα πολλών καταναλώσεων πού συνδέονται έν σειρά και τροφοδοτούνται από μία πηγή (κλειστό κύκλωμα) είναι ίσο πρός τήν τάση τής πηγής, ή όποία τροφοδοτεί τις καταναλώσεις αυτές.*

Όταν πρόκειται γιά δικτύωμα μέ βρόχους περισσότερους από ένα, ο δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ γενικεύεται ως έξης: *Σέ κάθε βρόχο του δικτυώματος τό άλγεβρικό άθροισμα όλων τών ηλεκτρεγερτικών δυνάμεών του ίσοται πρός τό άλγεβρικό άθροισμα όλων τών πτώσεων τάσεως στίς καταναλώσεις του.*

Όπως είναι γνωστό από τις προηγούμενες άσκήσεις, εάν στα άκρα μιās αντίστασης εφαρμοσθεϊ μία τάση, από τήν αντίσταση αυτή θά διέλθει ρεύμα, του οποίου ή ένταση θά είναι ανάλογη πρός τήν εφαρμοζόμενη τάση καί άντιστρόφως ανάλογη πρός τήν τιμή τής αντίστασης (νόμος του "Ωμ). Έπομένως, όταν από μία αντίσταση διέρχεται ρεύμα, στα άκρα τής αντίστασης αναπτύσσεται τάση. Η τάση αυτή όρίζεται ως πτώση τάσεως επί τής αντίστασης. Ο ύπολογισμός τής πτώσεως τάσεως γίνεται μέ πολλαπλασιασμό τής τιμής τής αντίστασης επί τήν ένταση του ρεύματος, τό όποιο τήν διαρρέει.



Σχ. 16.α.

Γιά νά επαληθευθεϊ ό πρώτος κανόνας του Κίρχωφ, έστω τό κύκλωμα του σχήματος 16.α.

Στό κύκλωμα αυτό κόμποι είναι τὰ σημεία (Κ) καί (Λ). Τό ρεύμα ( $I$ ), πού ὀδεύει πρὸς τὸν κόμμο (Κ), διακλαδίζεται στὰ ρεύματα ( $I_1$ ) καί ( $I_2$ ) καί ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων αὐτῶν. Δηλαδή:

$$I = I_1 + I_2.$$

Τὰ ρεύματα ( $I_1$ ) καί ( $I_2$ ), καθὼς ἐξέρχονται στὴ συνέχεια ἀπὸ τὸν κόμμο(Λ), προστίθενται καί συναποτελοῦν πάλι ἓνα ρεύμα ἐντάσεως ( $I$ ).

Γιὰ τὸ δεῦτερο κανόνα τοῦ Κίρχωφ, ἔστω τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 16.β.  
Ἐάν ( $I$ ) εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιο κυκλοφορεῖ στό κύκλωμα αὐτό, οἱ πτώσεις τάσεως στὶς ἀντιστάσεις θά εἶναι:

$$V_1 = R_1 \cdot I, \quad V_2 = R_2 \cdot I, \quad V_3 = R_3 \cdot I$$

καί κατὰ τὸ δεῦτερο κανόνα τοῦ Κίρχωφ:

$$E = V_1 + V_2 + V_3 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I.$$

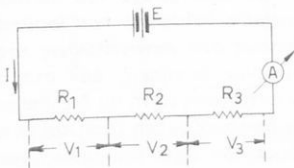
Τέλος, γιὰ τὴν περίπτωση κατὰ τὴν ὁποία ὑπάρχουν περισσότεροι ἀπὸ ἓνα κλάδοι (βρόχοι) κυκλοφορίας τοῦ ρεύματος, ἔστω τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 16.γ.

Στό κύκλωμα αὐτό τὸ διερχόμενο ἀπὸ τὴν ( $R_2$ ) ρεύμα ( $I_2$ ) ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων ( $I_1$ ) καί ( $I_3$ ) (πρῶτος κανόνας Κίρχωφ ἐφαρμοζόμενος στοὺς κόμπους Κ καί Λ).

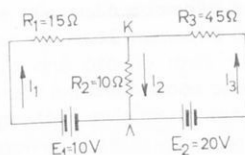
Δηλαδή:  $I_2 = I_1 + I_3$ .

Ἐπίσης, μέ βάση τὸ δεῦτερο κανόνα ἰσχύουν οἱ σχέσεις:

$$E_1 = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 \quad \text{καί} \quad E_2 = R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_3.$$



Σχ. 16.β.



Σχ. 16.γ.

Ἐάν στὶς τρεῖς αὐτὲς σχέσεις ἀντικατασταθοῦν οἱ δοσμένες τιμές τῶν στοιχείων τοῦ κυκλώματος, δηλαδή τῶν ΗΕΔ καί τῶν ἀντιστάσεων, προκύπτει πρὸς λύση τὸ ἀκόλουθο σύστημα τριῶν ἐξισώσεων μέ τρεῖς ἀγνώστους:

$$I_2 = I_1 + I_3 \quad (\alpha)$$

$$10 = 15 I_1 + 10 I_2 \quad (\beta)$$

$$20 = 45 I_3 + 10 I_2 \quad (\gamma)$$

Στό σύστημα αὐτό οἱ τρεῖς ἀγνώστοι εἶναι τὰ ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) καί ( $I_3$ ). Αὐτά εἶναι ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα σχεδόν πάντοτε ζητοῦνται σὲ προβλήματα αὐτῆς τῆς μορφῆς.

Ἡ λύση τοῦ συστήματος δίνεται ἐδῶ ἐν συντομία:

$$\text{Ἀπὸ τὴν } (\alpha): \quad I_1 = I_2 - I_3.$$

$$\text{Ἡ } (\beta) \text{ γίνεται:} \quad 10 = 25 I_2 - 15 I_3$$



καί μέ τήν ( $\gamma$ ) αποτελεί τό σύστημα:

$$10 = 25 I_2 - 15 I_3,$$

$$20 = 10 I_2 + 45 I_3,$$

άπό τό όποιο βρίσκονται:

$$I_2 = \frac{50}{85} = 0,588 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{80}{255} = 0,314 \text{ A}.$$

Άπό τήν (α) βρίσκεται:  $I_1 = 0,274 \text{ A}$ .

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 15.δ.

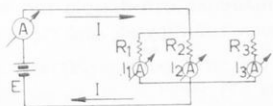
Δηλαδή, τρεις αντίσταςεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ), συνδεμένες έν παραλλήλω, νά τροφοδοτηθούν άπό πηγή συνεχούς τάσεως μικρής τιμής καί νά μετρηθούν:

α) Τά ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) καί ( $I_3$ ) στους κλάδους.

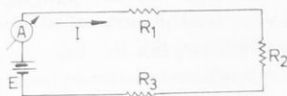
β) Τό όλικό ρεύμα ( $I$ ) του κυκλώματος.

Οί ένδείξεις νά γραφούν στον έπόμενο πίνακα καί άπό αυτές νά έπαληθευθεί ό πρώτος κανόνας του Κίρχωφ:

$I$	$I_1$	$I_2$	$I_3$



Σχ. 16.δ.



Σχ. 16.ε.

2. Άν έχει δοθεί ή τάση ( $E$ ) τής πηγής καί ή ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα, νά υπολογισθεί ή ( $R_{ολ}$ ) αυτού. Νά συγκριθεί ή τιμή τής ( $R_{ολ}$ ) μέ έκεινη, τήν όποία δίνουν οί υπολογισμοί για τό έν παραλλήλω κύκλωμα, άπό τίς τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ), που θά βρεθούν στην παρακάτω περίπτωση 4.

3. Οί τρεις αντίσταςεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ) νά συνδεθούν έν σειρά μέ πηγή σταθερής συνεχούς τάσεως  $E=20$  ως 30 V, όπως στο σχήμα 16.ε.

Νά μετρηθούν:

α) Η πτώση τάσεως σε αντίσταση.

β) Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.

Οί ένδείξεις νά γραφούν στον έπόμενο πίνακα καί άπό αυτές νά έπαληθευθεί ό δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ.

E	$V_{R1}$	$V_{R2}$	$V_{R3}$	I

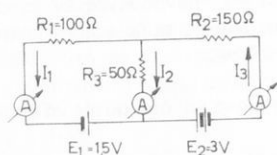
4. Νά υπολογισθεί ή τιμή κάθε αντίστασως από τήν τιμή του ρεύματος (I) και από τήν τιμή τής τάσως στά άκρα τής.

5. Νά πραγματοποιηθεί ή συνδεσμολογία δικτυώματος μέ δύο βρόχους, όπως δείχνει τό σχήμα 16.στ, και νά μετρηθούν τά ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) και ( $I_3$ ).

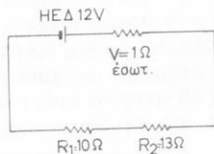
Έπίσης οί τιμές τών ρευμάτων αυτών νά υπολογισθούν θεωρητικά από τά λοιπά στοιχεία του κυκλώματος, μέ βάση τούς δύο κανόνες του Κίρχωφ, και νά συγκριθούν μέ τίς τιμές τίς όποιες έδειξαν τά όργανα.

6. Νά γραφούν οί δύο κανόνες του Κίρχωφ.

7. Τί διαφορά υπάρχει μεταξύ ΗΕΔ (ήλεκτρεγερτικής δυνάμews) και πολικής τάσως μιάς πηγής;



Σχ. 16 · στ.



Σχ. 16.ζ.

8. Στο κύκλωμα του σχήματος 16.ζ νά υπολογισθούν:

α) Η ένταση του ρεύματος. β) Η έσωτερική πώση τάσως στην πηγή. γ) Η πολική τάση τής πηγής.

9. Στο κύκλωμα τών δύο βρόχων, που επιλύθηκε στή θεωρία τής άσκήσως αυτής, νά γίνει έπαλήθευση και τών δύο κανόνων του Κίρχωφ, από τίς εύρεθείσες τιμές τών ρευμάτων ( $I_1$ ), ( $I_2$ ), ( $I_3$ ).

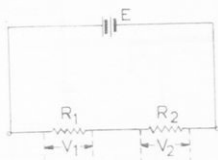
## ΑΣΚΗΣΗ 17

### ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

#### Ποτανσιόμετρο.

Ο διαίρετης τάσεως είναι μία διάταξη, η οποία περιλαμβάνει αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά μεταξύ τους και μία πηγή, η οποία τροφοδοτεί τις αντιστάσεις αυτές. Με μία τέτοια διάταξη επιτυγχάνεται λήψη μικροτέρων τάσεων, στα άκρα των διαφόρων αντιστάσεων, από την τάση της πηγής.

Ο απλούστερος διαίρετης τάσεως αποτελείται από δύο αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) σε σειρά, οι οποίες τροφοδοτούνται από πηγή τάσεως ( $E$ ), όπως φαίνεται στο σχήμα 17.α.



Σχ. 17.α.

Η τάση ( $V_1$ ) στα άκρα της ( $R_1$ ) ισούται με:  $V_1 = I \cdot R_1$  και η τάση ( $V_2$ ) στα άκρα της ( $R_2$ ) ισούται με:  $V_2 = I \cdot R_2$ . (Τό κύκλωμα είναι σε σειρά, επομένως η ένταση  $I$  του ρεύματος είναι η ίδια και στις δύο αντιστάσεις).

Από τό παραπάνω προκύπτει η αναλογία:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I \cdot R_1}{I \cdot R_2} \quad \text{και} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Η τελευταία σχέση λέει ότι η πτώση τάσεως σε κάθε αντίσταση του κυκλώματος είναι ανάλογη της ωμικής τιμής της αντίστασεως αυτής. "Αν π.χ. η τάση ( $E$ ) της πηγής είναι 60 V και ζητείται η ( $V_1$ ) να είναι 20 V, η ( $V_2$ ) πρέπει να είναι 40 V. Επομένως, από τά παραπάνω πρέπει:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

Δηλαδή, αν η ( $R_2$ ) ληφθεί π.χ. 20 kΩ, θά πρέπει η ( $R_1$ ) να είναι 10 kΩ.

Οι τιμές των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) σε κύκλωμα, όπως της προηγούμενης περιπτώσεως, μπορούν επίσης να προσδιορισθούν ως εξής: "Εστω π.χ. ότι ζητείται η τάση ( $V_1$ ) να είναι ίση με τό  $1/4$  της τάσεως ( $E$ ) της πηγής. Τότε ισχύει η εξής σχέση:

$$\frac{V_1}{E} = \frac{R_2 \cdot I}{I(R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{καί} \quad \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{4}$$

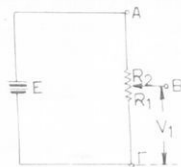
"Αν π.χ. είναι  $E = 60 \text{ V}$ , τότε θα είναι  $V_1 = 15 \text{ V}$  και η ( $R_1$ ) θα πρέπει να είναι ίση προς τό  $1/4$  της ολικής αντίστασεως του κυκλώματος. Δηλαδή, αν η ολική αντίσταση είναι  $100 \text{ k}\Omega$ , η ( $R_1$ ) θα είναι  $25 \text{ k}\Omega$ , οπότε η ( $R_2$ ) θα είναι  $75 \text{ k}\Omega$ .

"Η γνώση των προηγούμενων σχέσεων είναι απαραίτητη για τόν υπολογισμό και την κατασκευή ενός διαιρέτη τάσεως. Στην περίπτωση όμως που ζητείται η κατασκευή διαιρέτη τάσεως με δύο αντιστάσεις, οι οποίες να παρουσιάζουν π.χ. ολική αντίσταση  $100 \text{ k}\Omega$  και η ( $V_1$ ) να είναι  $19 \text{ V}$ , είναι προφανές ότι η ( $R_1$ ) πρέπει να είναι τότε  $19 \text{ k}\Omega$  και επομένως η ( $R_2$ )  $81 \text{ k}\Omega$ . "Αντιστάσεις όμως αυτών των τιμών, δηλαδή  $19$  και  $81 \text{ k}\Omega$  άκριβως δεν υπάρχουν γενικά στο εμπόριο. "Ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισεως παρομοίων περιπτώσεων είναι η χρήση ποτανοσιόμετρου.

Τό ποτανοσίμετρο είναι μία μεταβλητή αντίσταση με τρεις λήψεις. Στο σχήμα 17.β δίνεται τό θεωρητικό σύμβολο του ποτανοσιόμετρου.



Σχ. 17.β.



Σχ. 17.γ.

Οι δύο λήψεις στα άκρα ( $A$ ) και ( $\Gamma$ ) είναι σταθερές και η τρίτη λήψη ( $B$ ) είναι μεταβλητή (κινητή).

"Η αντίσταση μεταξύ των λήψεων ( $A$ ), ( $\Gamma$ ) είναι ορισμένη και είναι η μέγιστη δυνατή για ένα συγκεκριμένο ποτανοσίμετρο. "Η ενδιάμεση λήψη δύναται να κινείται κατά βούληση επί του υλικού, τό οποίο αποτελεί την αντίσταση. Τό κύκλωμα του σχήματος 17.γ δείχνει ένα διαιρέτη με ποτανοσίμετρο.

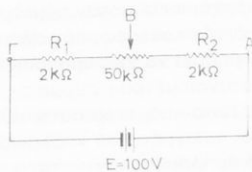
"Όταν η κινητή έπαφή ( $B$ ) (ενδιάμεση λήψη) κινείται προς τό ( $\Gamma$ ), η αντίσταση ( $R_1$ ) ελαττώνεται, ενώ ταυτοχρόνως η ( $R_2$ ) αύξάνεται. "Όταν η έπαφή ( $B$ ) κινείται προς τό ( $A$ ), συμβαίνει τό αντίθετο, δηλαδή η ( $R_1$ ) αύξάνεται και η ( $R_2$ ) ελαττώνεται. "Όταν η ( $B$ ) φθάνει στό ( $\Gamma$ ), η ( $R_1$ ) γίνεται μηδέν και η ( $R_2$ ) ίση με την ολική αντίσταση του ποτανοσιόμετρου. Τέλος, όταν η ( $B$ ) φθάνει στό ( $A$ ), η ( $R_2$ ) γίνεται μηδέν και η ( $R_1$ ) μέγιστη. "Αρα με τή μετακίνηση της έπαφης ( $B$ ) επιτυγχάνεται λόγος  $R_1/R_2$  επιθυμητός και επομένως τιμή τάσεως ( $V_1$ ) με οποιαδήποτε τιμή από μηδέν ως και την τάση της πηγής.

Τό σχήμα 17.δ δείχνει την πραγματική όψη συνθισμένου ποτανοσιόμετρου:

Σέ καινούργιες κατασκευές τά ποτανοσίμετρα συναντώνται περισσότερο με τήν μορφή του σύρτη, όπως φαίνεται στό σχήμα 17.ε.



Σχ. 17.δ.

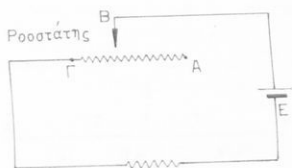


Σχ. 17.ε.

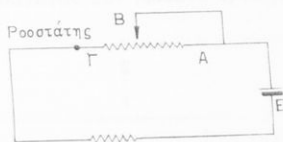
Σέ ένα κύκλωμα διαιρέτη τάσεως μέ ποτασιόμετρο, ό μηδενισμός τών αντίστασεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) (τών δύο τμημάτων, στά όποία διαιρείται τό ποτασιόμετρο μέ τή μεσαία του κινητή έπαφή), και έπομένως ό μηδενισμός τών αντίστοιχών τάσεων, μπορεί νά άποφευχθεί μέ τή σύνδεση αντίστασεων σταθερών τιμών στά άκρα του ποτασιομέτρου, όπως φαίνεται στό σχήμα 17.στ.

Άν σέ ένα κύκλωμα συνδεθούν μόνο τό ένα άκρο και ή ενδιάμεση λήψη ενός ποτασιομέτρου, τότε τό ποτασιόμετρο χρησιμοποιείται ως **ροοστάτης**. Τά σχήματα 17.ζ και 17.η δίνουν παρόμοια συνδεσμολογία.

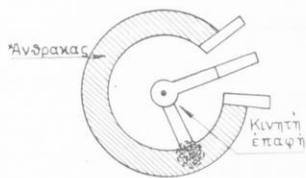
Ό ροοστάτης μέ τή μεταβολή τής ώμικης τιμής του ρυθμίζει τήν ένταση του ρεύματος στό κύκλωμα.



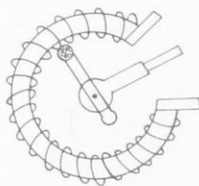
Σχ. 17.στ.



Σχ. 17.ζ.



Σχ. 17.η.



Σχ. 17.θ.

Και τά δύο είδη τών αντίστασεων αυτών, και περισσότερο τά ποτασιόμετρα, είναι σέ κοινή χρήση και όλος ό κόσμος τά χρησιμοποιεί, χωρίς συνήθως νά γνωρίζει ούτε τό όνομά τους, ούτε τήν έργασία πού πραγματικά έκτελούν. Π.χ. ποτασιόμετρο άνθρακα αντίστοιχεί στό κουμπί του ραδιοφώνου, πού ρυθμίζει τήν ένταση τής φωνής. Τομή ποτασιομέτρου άνθρακα φαίνεται στό σχήμα 17.θ.

Υπάρχουν και ποτανσιόμετρα **σύρματος**. Αυτά χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα, στα όποια κυκλοφορούν σχετικά ισχυρά ρεύματα. Π.χ. για ισχύ μεγαλύτερη από 2W δέν μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ποτανσιόμετρο άνθρακα. Τό σχήμα 17.ι δείχνει τομή ποτανσιομέτρου σύρματος.

Στά ποτανσιόμετρα αυτά, σύρμα χρωμιονικελίνης ή άλλου κατάλληλου κράματος είναι τυλιγμένο σε κεραμικό μονωτικό ύλικό.

Στό έμπόριο συναντώνται ποτανσιόμετρα άνθρακα μέ ώμική τιμή από 500 Ω ως καί 10 ΜΩ. Τά ποτανσιόμετρα σύρματος είναι πάντοτε μικρότερη τιμής πού κυμαίνεται από μερικά ώμ ως 50 kΩ.

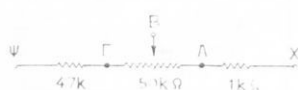
Οί ροοστάτες είναι σχεδόν πάντοτε σύρματος καί άφου συνδεθούν πάντοτε σε σειρά πρός τήν κατανάλωση ρυθμίζουν τήν ένταση του ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Έχουν πολλές έφαρμογές στην Ήλεκτροτεχνία, γιατί σε πολλά κυκλώματα είναι έπιθυμητή ή μεταβολή της τάσεως ή της έντάσεως του ρεύματος, όταν τό κύκλωμα βρίσκεται σε λειτουργία. Ένα ποτανσιόμετρο, όπως άναφέρθηκε μπορεί νά χρησιμοποιηθεί καί ως ροοστάτης, έφ' όσον ό ένας από τούς άκροδέκτες του άφεθεί άσύνδετος (στόν άέρα). Αυτό συμβαίνει π.χ. στην περίπτωση του ρυθμιστή τόνου φωνής (μπάσο-πρίμο) στά ραδιόφωνα.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά μετρηθεί ή όλική αντίσταση ενός ποτανσιομέτρου στά άκρα του. Μέ τό ώμόμετρο μόνιμα συνδεμένο στά σταθερά άκρα (Α) καί (Γ) (σχ. 17.ια) νά γίνει μεταβολή της κινητής έπαφής του ποτανσιομέτρου καί νά διαπιστωθεί άν υπάρχει μεταβολή στην ένδειξη του όργάνου.



Σχ. 17.ι.



Σχ. 17.ια.



Σχ. 17.ιβ.

2. Μέ τή βοήθεια ώμομέτρου νά παρακολουθηθεί ή μεταβολή της αντίστασεως μεταξύ (Α) καί (Β) του σχήματος 17. ια καθώς ή κινητή έπαφή (Β) κινείται πρός τό (Γ).

3. Νά πραγματοποιηθεί έπίσης ή μέτρηση της αντίστασεως μεταξύ (Γ) καί (Β), όταν ή έπαφή (Β) κινείται πρός τό (Α).

4. Νά βραχυκυκλωθούν τό (Α) καί (Β) καί νά μετρηθεί ή αντίσταση, όταν ή έπαφή κινείται πρός τό (Α) ή πρός τό (Γ).

5. Νά πραγματοποιηθεί ή συνδεσμολογία του σχήματος 17.ιβ καί νά μετρηθεί ή

αντίσταση μεταξύ των σημείων (X) και (Ψ), όταν η έπαφή (B) κινείται μεταξύ (A) και (Γ). Νά διαπιστωθεί ότι η μετακίνηση της λήψεως (B) καμία μεταβολή δέν επιφέρει στην όλική αντίσταση της συνδεσμολογίας. Μεταβολή έξασφαλίζεται μόνο μεταξύ του ενός άκρου καί της ένδιάμεσης λήψεως (B).

6. Ή συνδεσμολογία του σχήματος 17.ιγ νά τροφοδοτηθεί μέ τάση 20 V καί νά μετρηθούν οί τάσεις στά σημεία (A-X), (Γ-X) καί (Ψ-X).

7. Στο προηγούμενο κύκλωμα νά μετρηθεί επίσης ή μεταβολή της τάσεως μεταξύ των σημείων (B) καί (X), όταν ή έπαφή (B) κινείται πρός τό (A).

8. Νά άποσυνδεθεί ή πηγή καί νά ληφθούν μετρήσεις της αντίστασεως μεταξύ (B) καί (X), όταν ή ένδιάμεση λήψη (B) κινείται πρός τό (A).

9. Νά έξηγηθεί μέ λίγα λόγια: α) Τί είναι διαιρέτης τάσεως. β) Τί είναι ποτανσιόμετρο. γ) Τί είναι ροοστάτης.

## ΑΣΚΗΣΗ 18

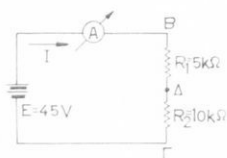
### ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΔΙΑΙΡΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Στήν προηγούμενη άσκηση μελετήθηκε τό κύκλωμα διαιρέτη τάσεως, ό όποίος όμως δέν τροφοδοτούσε φορτίο (κατανάλωση). Τό μόνον ρεύμα στό κύκλωμα τής προηγούμενης άσκήσεως ήταν έκείνο, πού κυκλοφορούσε στό καθαυτό κύκλωμα τού διαιρέτη - ποτανσιομέτρου.

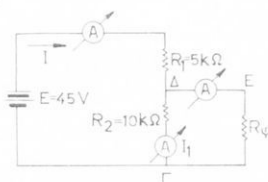
Οί διαιρέτες τάσεως όμως χρησιμοποιούνται πάντοτε γιά νά παρέχουν τήν άπαιτούμενη τάση (μικρότερη άπό τήν τάση τής πηγής) σέ ένα φορτίο, στού όποίου τό κύκλωμα κυκλοφορεί τό άνάλογο ρεύμα. Τό κύκλωμα τού σχήματος 18 .α άποτελεί βασικό παράδειγμα διαιρέτη τάσεως χωρίς φορτίο.

"Εστω ότι σ' αυτό δίνεται πηγή μέ τάση  $E = 45 \text{ V}$  καί άμελητέα έσωτερική αντίσταση, πού τροφοδοτεί δύο αντίστασεις  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$  καί  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ , συνδεμένες σέ σειρά. Στά άκρα τών δύο αυτών αντίστασεων θά επικρατούν διαφορές δυναμικού 15 καί 30 V αντίστοιχα. 'Η ένταση τού ρεύματος θά είναι:

$$I = \frac{E}{R_{\sigma\lambda}} = \frac{45}{15000} = 0,003 \text{ A} = 3 \text{ mA}$$



Σχ. 18.α.



Σχ. 18.β.

"Αν προστεθεί μία αντίσταση ( $R_\phi$ ) ως φορτίο στά σημεία ( $\Delta$ ) καί ( $\Gamma$ ), όπως στό σχήμα 18.β, θά δημιουργηθεί ένας δεύτερος κλάδος ( $\Delta E \Gamma$ ), στόν όποίο θά κυκλοφορεί ρεύμα ( $I_\phi$ ).

'Εξ αίτιας όμως τού νέου αυτού κλάδου θά διαταραχθεί ή προηγούμενη ίσορροπία τού κυκλώματος. Τό όλικό ρεύμα θά αύξηθεί γιατί ή προσθήκη αντίστασης έν παραλλήλω μειώνει τήν ( $R_{\sigma\lambda}$ ), καί στά άκρα καθεμιάς άπό τίς δύο αντίστασεις ( $R_1$ ) καί ( $R_2$ ) δέν θά επικρατεί πιά ή ίδια όπως προηγούμενα, διαφορά δυναμικού.



Έστω π.χ. ότι η τιμή της αντίστασης ( $R_{\Phi}$ ) είναι τέτοια, ώστε διέρχεται από αυτήν ρεύμα  $I_{\Phi} = 0,005 \text{ A} = 5 \text{ mA}$ . Έφ' όσον οι αντίστασεις και το ρεύμα του φορτίου είναι γνωστά, υπολογίζονται οι επικρατούσες τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων, με βάση το δεύτερο κανόνα του Κίρχωφ, ως εξής:

$$I_1 \cdot R_2 + (I_1 + I_{\Phi}) R_1 = E,$$

όπου:

( $I_1$ ) είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο ( $\Delta$ ) (ή τάση  $E$  της πηγής, παραμένει σταθερή, ίση με  $45 \text{ V}$ , αφού η πηγή θεωρήθηκε ότι έχει άμελητέα εσωτερική αντίσταση).

Λύνοντας ως προς ( $I_1$ ), το οποίο είναι το μόνο άγνωστο στοιχείο, η σχέση γίνεται:

$$I_1(R_1 + R_2) = E - I_{\Phi} \cdot R_1 \text{ και } I_1 = \frac{E - I_{\Phi} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

Αν αντικατασταθούν τά ( $E$ ), ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $I_{\Phi}$ ), βρίσκεται:

$$I_1 = 1,33 \text{ mA}$$

οπότε η τάση μεταξύ ( $\Delta$ ) και ( $\Gamma$ ) θά είναι:

$$V_{\Delta\Gamma} = I_1 \cdot R_2 = 13,3 \text{ V},$$

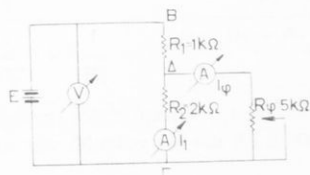
ενώ η τάση στα άκρα της ( $R_1$ ) θά είναι:

$$V_{R_1} = E - V_{\Delta\Gamma} = 45 - 13,3 = 31,7 \text{ V}.$$

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών φανερώνουν ότι τόσο οι τάσεις όσο και οι εντάσεις των ρευμάτων στο κύκλωμα του διαιρετή τάσεως άλλαξαν, όταν συνδέθηκε το φορτίο.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 18.γ. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, που όρίζουν οι επόμενες ερωτήσεις, νά ληφθεί μέριμνα, ώστε η τάση



Σχ. 18.γ.

της πηγής ( $E$ ), την οποία μετρά το βολτόμετρο ( $V$ ), νά παραμένει πάντοτε σταθερή.  
2. Νά μετρηθεί η ένταση του ρεύματος ( $I_1$ ) στο κύκλωμα του διαιρετή τάσεως, όταν το ρεύμα στο φορτίο είναι μηδέν (τό φορτίο δεν έχει συνδεθεί). Η ένδειξη της μετρήσεως νά γραφεί στη σχετική στήλη του παρακάτω πίνακα:

E (V)	$V_{\Delta r}$ (V)	$I_1$ (mA)	$I_{\Phi}$ (mA)	$R_{\Phi}$ ( $\Omega$ )
12			0 (χωρίς φορτίο)	
12			2	
12			4	
12			6	

3. Νά μετρηθεί ή τάση ( $V_{\Delta r}$ ) στά άκρα τής αντίστάσεως ( $R_2$ ), όταν δέν έχει συνδεθεί φορτίο στό κύκλωμα ( $I_{\Phi} = 0$ ). Ή ένδειξη νά γραφεί στή σχετική στήλη του παραπάνω πίνακα.

4. Νά συνδεθεί τό φορτίο ( $R_{\Phi}$ ), νά ρυθμισθεί ή ένδιάμεση λήψη του, ώστε τό ( $I_{\Phi}$ ) νά είναι 2 mA. (Προσοχή στή διαρκή σταθερότητα τής τάσεως τής πηγής  $E = 12$  V). Νά μετρηθεί πάλι ή ( $V_{\Delta r}$ ) καθώς και τό ρεύμα ( $I_1$ ) και οι τιμές τους νά γραφούν στίς σχετικές στήλες του ίδιου πίνακα.

5. Νά άποσυνδεθεί ή πηγή και νά μετρηθεί μέ ώμόμετρο ή τιμή τής ( $R_{\Phi}$ ), για τήν όποία κυκλοφόρησε ρεύμα έντάσεως 2 mA. Ή ένδειξη του ώμομέτρου νά γραφεί στήν τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα.

6. Νά επαναληφθούν οι μετρήσεις τών περιπτώσεων 4 και 5 για έντάσεις ρευμάτων στό φορτίο ( $I_{\Phi}$ ) 4 και 6 mA. Οι ένδείξεις νά γραφούν στίς σχετικές στήλες του ίδιου πίνακα.

7. Ποιά ή μεταβολή του ( $I_1$ ), όταν τό ρεύμα στό φορτίο ( $R_{\Phi}$ ) αύξάνεται;

8. Ποιά ή επίδραση στήν τάση ( $V_{\Delta r}$ ) και στό ρεύμα ( $I_1$ ) από τήν αύξηση του ( $I_{\Phi}$ );

9. Νά ύπολογισθούν τά ( $I_1$ ) και ( $V_{\Delta r}$ ) μέ δεδομένα:

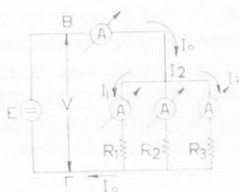
$$E_{\text{πηγής}} = 10 \text{ V και } I_{\Phi} = 2 \text{ mA.}$$

## ΑΣΚΗΣΗ 19

### ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Στήν άσκηση αυτή εξετάζεται ό τρόπος μέ τόν όποίο εξασφαλιζονται ρεύματα όρισμένων έντάσεων, σέ κλάδους ήλεκτρικού κυκλώματος. Αυτό έπιτυγχάνεται μέ τή σύνδεση άντιστάσεων, πού έχουν κατάλληλες τιμές, παράλληλα μεταξύ τους. (Τό ίδιο πρόβλημα εξετάσθηκε μερικώς καί στήν άσκηση 16, κατά τήν έπαλήθευση του πρώτου κανόνα του Κίρχωφ).

Τό κύκλωμα του σχήματος 19.α άποτελεί ένα παράδειγμα διαιρέτη ρεύματος:



Σχ. 19.α.

Σ' αυτό τρεις άντιστάσεις, ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ), συνδέονται παράλληλα μέ μία πηγή, ή όποία παρέχει ρεύμα έντάσεως ( $I_0$ ). 'Η ισοδύναμη άντίσταση ( $R_0$ ) των τριών άντιστάσεων του κυκλώματος είναι:

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

"Αν είναι γνωστή ή ένταση του ρεύματος ( $I_0$ ), πού παρέχει ή πηγή, τότε ή τάση ( $V$ ), πού έπικρατεί μεταξύ των σημείων ( $B$ ) καί ( $\Gamma$ ) βρίσκεται από τή σχέση:

$$V = I_0 \cdot R_0 = I_0 \left( \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \right) = I_0 \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Μέ γνωστή τώρα τήν τάση ( $V$ ), υπολογίζεται εύκολα ή ένταση του ρεύματος σέ κάθε των γνωστών άντιστάσεων  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τὴν ἀντίσταση ( $R_1$ ) θά εἶναι:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad \text{ἢ} \quad I_1 = I_0 \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (1)$$

$$\text{ἢ} \quad I_1 = I_0 \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$$

Ἄν ἡ σχέση (1) γραφεῖ:

$$\frac{I_1}{R_2} = \frac{I_0}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

φαίνεται ἀμέσως ὅπως ἐξ ἄλλου εἶναι ἤδη γνωστό ἀπό τὸ νόμο τοῦ "Ὡμ, ὅτι ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ ἀντίστροφο τῆς ἀντιστάσεως ἢ, ὅπως διαφορετικὰ διατυπώνεται ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σέ ἓνα κλάδο εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀγωγιμότητα τοῦ κλάδου. Τὸ ἴδιο ἐκφράζεται καὶ ὡς ἐξῆς: **Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀντίσταση, ἀπὸ τὴν ὁποία διέρχεται.**

Συνήθως ὁμως παρουσιάζεται ἡ περίπτωση νά συνδέονται δύο μόνο ἀντιστάσεις, μέ σκοπὸν τὴ διέλευση ἀπὸ τὴ μιά ἀπ' αὐτὲς ρεύματος μέ ὀρισμένη ἔνταση. Ἐάν λοιπὸν στό προηγούμενο κύκλωμα ἀποσυνδεθεῖ ὁ κλάδος τῆς ( $R_3$ ), τότε ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὴν ἀντίσταση ( $R_1$ ) θά εἶναι:

$$I_1 = I_0 \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

καὶ μετὰ τὴν ἐκτέλεση τῶν πράξεων:

$$I_1 = I_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Ἐπομένως, στό κύκλωμα μέ δύο παράλληλες ἀντιστάσεις, τὸ ρεῦμα κατανέμεται τὸν κλάδο μέ τὴν ἀντίσταση ( $R_1$ ), ὅπως ὀρίζει ὁ λόγος:

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

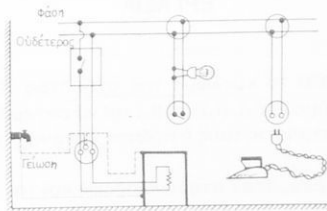
καὶ στὸν κλάδο μέ τὴν ἀντίσταση ( $R_2$ ), ὅπως ὀρίζει ὁ λόγος:

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

Τό πρόβλημα κατανομής τού ρεύματος σέ ένα κύκλωμα μέ δύο παράλληλες αντίστασεις συναντάται σχεδόν σέ όλες τίς άσκήσεις Ήλεκτρολογίας καί Ραδιοτεχνίας. Ήπίσης τό ίδιο πρόβλημα, άλλα μέ περισσότερες από δύο αντίστασεις πού συνδέονται παράλληλα άπασχολεί κυρίως τόν τεχνικό στόν τομέα τής Ήλεκτρολογίας. Μερικά τυπικά παραδείγματα κυκλωμάτων πού συνδέονται έν παραλλήλως είναι:

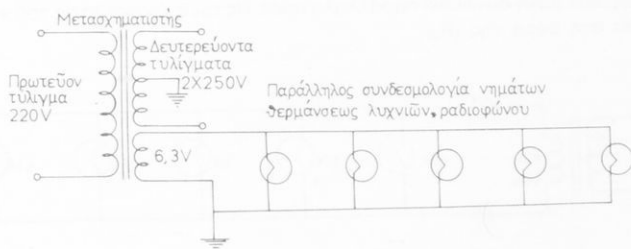
α) Όλα τά κυκλώματα παροχής ρεύματος γιά φωτισμό, θέρμανση, κίνηση κ.λ.π.

Τό σχήμα 19.β παρέχει ένα τυπικό κύκλωμα ήλεκτρικής έγκαταστάσως σπιτιού μέ καταναλώσεις: λαμπτήρα φωτισμού, ήλεκτρικό μαγειρείο καί ήλεκτρικό σίδηρο: όλα συνδέονται έν παραλλήλως.



Σχ. 19.β.

β) Στίς περισσότερες από τίς περιπτώσεις, τό κύκλωμα θερμάνσως τών νημάτων τών λυχνιών ραδιοφώνων καί άλλων ήλεκτρονικών συσκευών είναι έπίσης πρόβλημα κατανομής ρεύματος σέ παράλληλες καταναλώσεις, όπως φαίνεται στό σχήμα 19.γ.

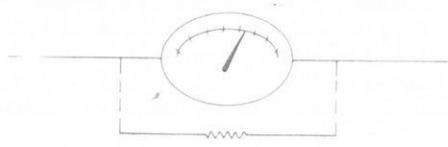


Σχ. 19.γ.

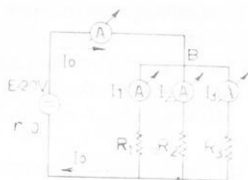
γ) Στά κυκλώματα τών άμπερομέτρων, τών όργάνων δηλαδή, τά όποια χρησιμοποιήθηκαν γιά μετρήσεις έντάσεων ρευμάτων σέ όλες τίς προηγούμενες άσκήσεις. Στό σχήμα 19.δ φαίνεται ό παραλληλισμός βασικού όργάνου.

Ή περίπτωση τού παραλληλισμού τών άμπερομέτρων εξετάζεται λεπτομερώς στήν άσκηση 20.

Ήκόμη μπορεί νά άναφερθεί πλήθος από όμοια παραδείγματα παραλλήλου συνδέσως καταναλώσων.



Σχ. 19.δ.



Σχ. 19.ε.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 19.ε.

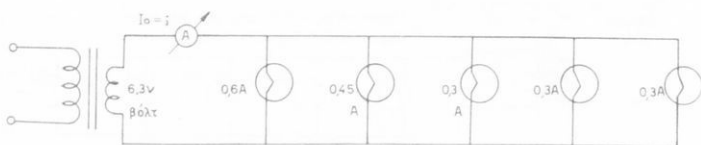
Νά μετρηθούν τά ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) καί ( $I_3$ ) καί νά συγκριθούν μέ τό ( $I_0$ ) τής πηγής. Νά επαληθευθεί μέ τίς μετρήσεις τους ό πρώτος κανόνας του Κίρχωφ για τόν κόμμο (B).

2. Από τίς τιμές των ρευμάτων στους κλάδους καί τής τάσεως τής πηγής (E) νά υπολογισθούν οι τιμές των αντίστασεων ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) καί ( $R_3$ ) (σχ. 19.ε).

3. Ποιά ή σχέση μεταξύ των ρευμάτων που μετρήθηκαν καί των αντίστασεων που υπολογίσθηκαν.

4. Νά υπολογισθεί ή τιμή μιός αντίστασεως (R), ή όποία, όταν τεθεί στην θέση τής ( $R_3$ ), νά διαρρέεται από ρεύμα μέ ένταση 40 mA. Νά συνδεθεί στο κύκλωμα στη θέση τής ( $R_3$ ) ή αντίσταση που υπολογίσθηκε καί νά μετρηθεί καί επαληθευθεί ή ένταση του ρεύματος (σχ. 19.ε).

5. Ποίας έντάσεως ρεύμα θά διαρρέει την αντίσταση (R) τής προηγούμενης έρωτήσεως, εάν αυτή συνδεθεί παράλληλα προς τίς τρεις αντίστασεις του κυκλώματος καί όχι στη θέση τής ( $R_3$ );



Σχ. 19.στ.



Σχ. 19.ζ.

6. Στο επόμενο κύκλωμα (σχ. 19.στ) φαίνονται τὰ νήματα θερμάνσεως τῶν λυχνιῶν ἐνός ραδιοφώνου καθὼς καὶ τὰ στοιχεῖα λειτουργίας τους. Νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία τὰ τροφοδοτεῖ (ἔνταση ρεύματος στοῦ δευτερεύον τοῦ μετασχηματιστῆ).

7. Νά ὑπολογισθῆ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὴν ἀντίσταση ( $R_4$ ) τοῦ επόμενου κυκλώματος (σχ. 19.ζ).

## ΑΣΚΗΣΗ 20

### ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ

#### Πολλαπλασιασμός κλίμακας

“Όλα τὰ ὄργανα, πού χρησιμοποιοῦνται γιά τή μέτρηση ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν, δηλαδή τάσεων, ἐντάσεων κλπ., ἔχουν ὡς κύριο καί ἀπαραίτητο ἐξάρτημα ἕνα ἀμπερόμετρο. Δηλαδή, ἡ μέτρηση ὄλων τῶν ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν ἀνάγεται σέ μέτρηση ρευμάτων.

Τό ἀπαραίτητο αὐτό ἀμπερόμετρο λέγεται **βασικό ὄργανο** τοῦ ὅλου ἀμπερομέτρου, βολτομέτρου ἢ ὤμομέτρου καί χαρακτηρίζεται ἀπό τά ἐξῆς βασικά στοιχεῖα:

1) Τό μέγιστο ρεῦμα ( $I$ ), πού μπορεῖ νά μετρήσει σέ πλήρη ἀπόκλιση τοῦ δείκτη του. “Ὅσο μικρότερο εἶναι τό ρεῦμα πού μετρά ἕνα βασικό ὄργανο σέ πλήρη ἀπόκλιση τῆς βελόνας του, τόσο περισσότερο **εὐαίσθητο** εἶναι τό ὄργανο αὐτό.

2) Τήν ἐσωτερική του ἀντίσταση ( $r$ ).

Τά δύο αὐτά στοιχεῖα, μέγιστο ρεῦμα καί ἐσωτερική ἀντίσταση καθορίζουν τήν **ἐσωτερική πτώση τάσεως** ( $r \cdot I$ ), δηλαδή τήν τάση, πού μπορεῖ νά ἐφαρμοσθεῖ στά ἄκρα τοῦ βασικοῦ ὄργάνου, ὥστε ὁ δείκτης του νά ἀποκλίνει ὡς τό τέλος τῆς κλίμακας του, καί φυσικά αὐτό χωρίς κίνδυνο νά καταστραφεῖ τό ὄργανο. “Ἄρα τό ἴδιο βασικό ὄργανο, πού εἶναι κατασκευασμένο γιά τή μέτρηση ρεύματος, μπορεῖ νά μετρά καί τάση, ἂν καί δέν χρησιμοποιεῖται γιά τό σκοπό αὐτό, ἀφοῦ ἡ τάση αὐτή εἶναι πάντοτε πολύ μικρή (μικρό κλάσμα τοῦ βόλτ). Γενικά τό θέμα τῆς μετρήσεως τάσεων ἐξετάζεται στήν ἐπόμενη ἀσκηση ἐνῶ στή μεθεπόμενη μελετᾶται ἡ χρήση τοῦ ἴδιου βασικοῦ ὄργάνου γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων.

Στήν ἀσκηση αὕτη ἐξετάζεται ὁ τρόπος χρησιμοποίησεως τοῦ βασικοῦ ὄργάνου γιά νά μετρά ρεύματα μέ μεγαλύτερη ἔνταση ἀπό τήν ἔνταση, γιά τήν ὁποία ἀρχικά εἶχε κατασκευασθεῖ. Αὐτό ἐπιτυγχάνεται μέ τήν παράλληλη σύνδεση πρὸς τό βασικό ὄργανο μίας ἀντιστάσεως μέ κατάλληλη τιμῆ, ὥστε μέσα ἀπό αὐτήν νά διέρχεται τό ἐπί πλέον ρεῦμα.

Γιά νά γίνουν καλύτερα ἀντιληπτά τά προηγούμενα, ἔστω τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 20.α.

Σ’ αὐτό ὑπάρχει ἕνα βασικό ὄργανο, πού σέ πλήρη ἀπόκλιση τοῦ δείκτη του μετρά ρεῦμα ἐντάσεως ἔστω 1 mA. Ἐάν χρειάζεται νά χρησιμοποιηθεῖ τό ἴδιο ὄργανο γιά τή μέτρηση ρεύματος ἐντάσεως π.χ. 100 mA, συνδέεται παράλληλα πρὸς αὐτό ἡ ἀντίσταση ( $R_n$ ), πού λέγεται καί σούντ (Shunt) τοῦ ὄργάνου. Ἡ τιμῆ τῆς ( $R_n$ ) ὑπολογίζεται, ὥστε νά διέρχονται ἀπό αὐτήν τά 99 mA καί μόνο τό 1 mA νά διέρχεται ἀπό τό βασικό ὄργανο. Ἄπο τά παραπάνω γίνεται ἀντιληπτό ὅτι ἡ τιμῆ τῆς ( $R_n$ ) πρέπει νά εἶναι γενικά πολύ μικρότερη ἀπό τήν ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ ὄργάνου, ἀφοῦ ἀπό αὐτήν θά διέρχεται τό περισσότερο ρεῦμα.



Ο ύπολογισμός της παράλληλης αντίστασης είναι άπλος και γίνεται με τον εξής τρόπο: Έστω ( $I_0$ ) τό ρεύμα, πού πρέπει νά μετρά τό ὄργανο μετά τόν παραλληλισμό του ( $I$ ) τό ρεύμα, πού μετρά τό βασικό ὄργανο μόνο του καί ( $I_n$ ) τό ρεύμα, πού διέρχεται ἀπό τήν παράλληλη αντίσταση ( $R_n$ ). Τότε:

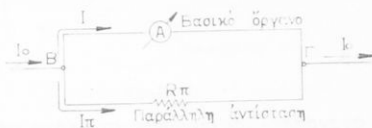
$$I_0 = I + I_n.$$

Ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ ὄργανου θά εἶναι  $r \cdot I$  καί ἡ τάση στά ἄκρα τῆς ( $R_n$ ) θά εἶναι  $R_n \cdot I_n$ . Ἀλλά οἱ δύο αὐτές τάσεις εἶναι ἴσες (σημεῖα Β — Γ τοῦ κυκλώματος). Δηλαδή:

$$R_n \cdot I_n = r \cdot I$$

καί ἀπό αὐτήν: 
$$R_n = \frac{r \cdot I}{I_n}$$

Ἡ τελευταία σχέση δίνει τήν τιμή τῆς ( $R_n$ ), τῆς ἀντίστασης δηλαδή, ἡ ὁποία πρέπει νά συνδεθεῖ παράλληλα πρὸς τήν ἐσωτερική ἀντίσταση ( $r$ ) τοῦ βασικοῦ ὄργανου (δηλαδή παράλληλα πρὸς τό βασικό ὄργανο), ὥστε στό ὅλο κύκλωμα νά κυκλοφορεῖ ἀκίνδυνα ρεύμα ( $I_0$ ) ἴσο μέ  $I + I_n$ .



Σχ. 20.α.

Ὡς παράδειγμα ἔστω ὅτι δίνεται βασικό ὄργανο μέ τά ἐξῆς στοιχεῖα:

$$r = 100 \ \Omega \text{ καί } I = 10 \text{ mA} = 0,01 \text{ A.}$$

Ζητεῖται νά ὑπολογισθεῖ παράλληλη ἀντίσταση, ὥστε αὐτό νά μετρά μέχρι 1 A. Ἀντικαθιστώντας στή σχέση:

$$R_n = \frac{r \cdot I}{I_n}$$

προκύπτει: 
$$R_n = \frac{100 \times 0,01}{0,99} = \frac{100}{99} \approx 1,01 \ \Omega$$

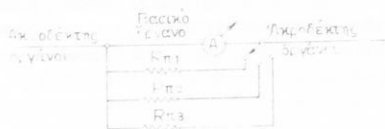
Ἄρα, ἂν παράλληλα πρὸς τό βασικό ὄργανο συνδεθεῖ μιᾶ ἀντίσταση 1,01  $\Omega$  καί χρησιμοποιηθεῖ τό ὅλο ἄμπερόμετρο πρὸς μέτρηση ρεύματος, στήν περίπτωση μέγιστης ἀποκλίσεως τοῦ δείκτη τοῦ ὄργανου, θά διέρχεται ἀπό τήν ἀντίσταση ρεύμα 0,99 A καί ἀπό τό βασικό ὄργανο θά διέρχεται ρεύμα μόνο 0,01 A (10 mA), πού μπορεῖ νά ὑποφέρει τό βασικό ὄργανο ἀκίνδυνα.

Ἄν τοποθετηθοῦν παράλληλα πρὸς τό βασικό ὄργανο περισσότερες ἀντιστάσεις ( $R_n$ ), μέ διαφορετικές τιμές, ἐξασφαλίζονται περισσότερες ἀπό μιᾶ κλίμακες

μετρήσεων και έτσι το βασικό όργανο π.χ. του 1 mA μπορεί πιά να μετρά σε πλήρη απόκλιση της βελόνας του ρεύματα με ποικίλες εντάσεις, π.χ. 5 mA, 50 mA, 100 mA, 250 mA, ή 1 A κ.ο.κ. ανάλογα με την παράλληλη αντίσταση, πού κάθε φορά συνδέομε.

Τό κύκλωμα ενός βασικού οργάνου με τρεις αντιστάσεις ( $R_n$ ), συνδεόμενες παράλληλα προς αυτό με διακόπτη, ανάλογα με την επιθυμητή κάθε φορά κλίμακα ρεύματος, φαίνεται στο σχήμα 20.β, όπου τό άμπερόμετρο έχει τόσες αντιστάσεις ( $R_n$ ), όσες και οι κλίμακες εντάσεων, πού διαθέτει.

"Όλα τά προηγούμενα περί παραλληλισμού άμπερομέτρου πραγματοποιούνται εύκολα, έφ' όσον είναι γνωστά τά χαρακτηριστικά στοιχεία του βασικού οργάνου, δηλαδή ή έσωτερική του αντίσταση και τό έπιτρεπόμενο νά διέλθει άπ' αυτό μέγιστο ρεύμα. Στά πιά πολλά βασικά όργανα τά δύο αυτά άπαραίτητα στοιχεία δίνονται άπό



Σχ. 20.β.



Σχ. 20.γ.

τόν κατασκευαστή και αναγράφονται συνήθως στό κάτω μέρος του πίνακα (του καντράν) του οργάνου. Έάν δέν είναι γνωστά, πρέπει νά προσδιορισθούν, ό δέ προσδιορισμός τους γίνεται με τίς ακόλουθες μεθόδους:

1) Τό μέγιστο έπιτρεπόμενο ρεύμα πού μπορεί νά διέρχεται άπό τό βασικό όργανο βρίσκεται έφαρμόζοντας τό κύκλωμα του σχήματος 20.γ.

Στό σχήμα αυτό τό βασικό όργανο συνδέεται έν σειρά με ένα πρότυπο άμπερόμετρο, όσο τό δυνατόν μεγαλύτερης άκρίβειας, και με ένα ροοστάτη σε ήλεκτρική πηγή. Ό ροοστάτης παρεμβάλλεται για τόν περιορισμό και τή ρύθμιση του ρεύματος, ώστε νά προφυλάσσονται τά όργανα άπό ύπερβολικό ρεύμα.

Με ρύθμιση τής αντίστασεως του ροοστάτη (μεγάλη αντίσταση στην άρχή), έπιτυγχάνεται σιγά-σιγά ή μέγιστη απόκλιση του δείκτη του βασικού οργάνου. Τήν άκριβή τιμή εντάσεως του ρεύματος κατά τή στιγμή αυτή τήν δίνει τό πρότυπο άμπερόμετρο. Έτσι προσδιορίζεται τό μέγιστο έπιτρεπόμενο ρεύμα για τό βασικό όργανο.

2) Ό προσδιορισμός τής τιμής τής έσωτερικής αντίστασεως του βασικού οργάνου μπορεί νά γίνει με τούς έξης δύο τρόπους:

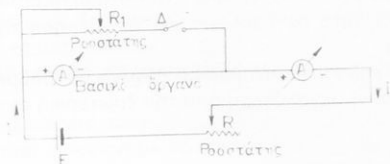
α) Στό προηγούμενο κύκλωμα, όταν κυκλοφορεί ρεύμα ( $I$ ), μετρείται με βολτόμετρο ή πτώση τάσεως ( $V = r \cdot I$ ) στά άκρα του βασικού οργάνου, όποτε άπό τό νόμο του Ωμ ύπολογίζεται ή έσωτερική αντίστασή του. Δηλαδή:

$$r = \frac{V}{I}$$

όπου, τό (V) μετρείται μέ τό βολτόμετρο καί τό (I) δίνεται, τήν ίδια στιγμή, από τό πρότυπο άμπερόμετρο.

Βασική προϋπόθεση γιά τήν ακρίβεια τής μετρήσεως τής τάσεως (V) είναι ή χρήση βολτομέτρου μέ όσο τό δυνατό μεγαλύτερη έσωτερική αντίσταση. (Η λεπτομέρεια αύτή εξηγείται στην έπομένη άσκηση περί βολτομέτρων).

β) Μέ τή βοήθεια του κυκλώματος του σχήματος 20.δ καί μέ τό διακόπτη (Δ) άνοικτό ρυθμίζεται ό ροοστάτης (R), ώστε ή βελόνα του βασικού όργάνου νά λάβει τή μέγιστή της άπόκλιση. Τήν ίδια ένταση του ρεύματος (I) δείχνει τότε τό πρότυπο άμπερόμετρο. Άκολουθως κλείνεται ό διακόπτης (Δ), όποτε τό βασικό όργανο παραλληλίζεται μέ τή βοήθεια του ροοστάτη (R<sub>1</sub>). Οί ένδειξεις των δύο όργάνων θά μεταβληθούν, γιατί ή συνολική αντίσταση βασικού όργάνου καί ροοστάτη (R<sub>1</sub>) γίνεται μικρότερη από τήν αντίσταση του βασικού όργάνου, όποτε ή ένταση του ρεύματος του κυκλώματος θά αύξηθει, πράγμα που θά δείξει τό πρότυπο άμπερόμετρο. Επίσης ή ένδειξη του βασικού όργάνου θά μεταβληθει.



Σχ. 20.δ.

Ρυθμίζονται τότε άλληλοδιαδόχως οί δύο ροοστάτες ως εξής: Ό (R) ρυθμίζεται έτσι, ώστε τό πρότυπο άμπερόμετρο νά δείχνει πάντοτε τήν άρχική ένταση ρεύματος (I), ενώ ό (R<sub>1</sub>) ρυθμίζεται έτσι, ώστε ή βελόνα του βασικού όργάνου νά άποκλίνει στό μέσο τής κλίμακας του.

Όταν τό βασικό όργανο δείξει τό μισό τής έντάσεως του ρεύματος (I), που έδειχνε προηγουμένως, σημαίνει ότι τό άλλο μισό διέρχεται από τόν παράλληλο κλάδο του ροοστάτη (R<sub>1</sub>). Έφ' όσον δέ τά ρεύματα είναι ίσα, οί άντιστάσεις (R<sub>1</sub>) του ροοστάτη καί (r) του όργάνου θά είναι επίσης ίσες. Άποσυνδέεται τότε ή πηγή καί μέ ένα ώμόμετρο μετράται ή τιμή τής (R<sub>1</sub>), που είναι ίση προς τήν άγνωστη έσωτερική αντίσταση του βασικού όργάνου.

**Προσοχή.** Η έσωτερική αντίσταση του βασικού όργάνου δέν είναι όρθό νά μετράται απ' εύθείας μέ ώμόμετρο. Μιά προσπάθεια του είδους αύτου μπορεί νά καταστρέψει τό βασικό όργανο, γιατί τό ώμόμετρο διαθέτει πηγή (ξηρά στοιχεία), που θά προκαλέσει τήν κυκλοφορία υπερβολικού ρεύματος στή μικρή έσωτερική αντίσταση του βασικού όργάνου.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθει τό κατάλληλο κύκλωμα καί νά βρεθει τό μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (I) γιά τό βασικό όργανο τής άσκήσεως.

2. Νά βρεθει ή έσωτερική αντίσταση (r) του βασικού όργάνου τής άσκήσεως εφαρμόζοντας καί τίς δύο μεθόδους, που αναφέρονται στή θεωρία. Νά συγκριθούν τά προκύπτοντα άποτελέσματα.

3. Μέ γνωστά τά ( $I$ ) και  $(r)$  του ὄργάνου νά ὑπολογισθοῦν οἱ κατάλληλες ἀντιστάσεις, πού ἂν συνδεθοῦν παράλληλα πρὸς τὸ βασικό ὄργανο τὸ καθιστοῦν ἱκανὸ νά μετρά ἐντάσεις ρευμάτων μέχρι 100 mA ἢ 250 mA ἢ 2 A. (Τὸ βασικό ὄργανο ἔχει  $I < 100$  mA).

4. Μέ ὑλικά, πού παρέχει τὸ Ἔργαστήριο γιὰ τὴν ἀσκηση αὐτή, νά κατασκευασθοῦν οἱ ἀντιστάσεις πού ὑπολογίσθηκαν στὴν προηγουμένη περίπτωση. Νά διαπιστωθεῖ ἡ δυσκολία κατασκευῆς τῆς (πολύ μικρῆς) ἀντιστάσεως γιὰ τὴν κλίμακα ἐντάσεως τῶν 2 A.

5. Νά συνδεθοῦν οἱ ἀντιστάσεις αὐτές καί νά χρησιμοποιηθεῖ τὸ ὄργανο γιὰ τὴ μέτρηση ρευμάτων στὶς νέες κλίμακές του. Νά γίνει σύγκριση τῶν ἐνδείξεων μέ πρότυπο ἀμπερόμετρο.

6. Μέ ποιὸν τρόπο συνδέεται τὸ ἀμπερόμετρο σὲ ἓνα κύκλωμα; Ἐν σειρᾷ ἢ ἐν παραλλήλῳ;

7. Ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίσταση ἑνὸς ἀμπερομέτρου πρέπει νά εἶναι μεγάλη ἢ μικρή; Νά δικαιολογηθεῖ ἡ ἀπάντησις.

8. Τί θά συμβεῖ ἂν ἔχει καταστραφεῖ ἡ ἀντίσταση παραλληλισμοῦ ἑνὸς ἀμπερομέτρου καί συνδεθεῖ αὐτὸ σὲ κύκλωμα γιὰ τὴ μέτρηση τῆς ἐντάσεως ρεύματος μεγαλύτερου τοῦ ( $I$ );

9. Πότε ἢ παράλληλα πρὸς τὸ βασικό ὄργανο συνδεόμενη ἀντίσταση εἶναι: α) Μικρότερη, β) ἴση καί γ) μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἔσωτερικὴ ἀντίσταση τοῦ ὄργάνου;

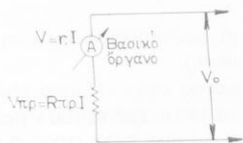
## ΑΣΚΗΣΗ 21

### ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

#### Πολλαπλασιασμός κλίμακας.

Ἡ καλή γνώση τῆς θεωρίας γιά τά βασικά ὄργανα, πού ἀναφέρθηκε στήν προηγούμενη ἀσκηση (Ἄμπερόμετρα - Πολλαπλασιασμός κλίμακας), εἶναι ἀπαραίτητη γιά τήν ἐκτέλεση τῆς τωρινῆς ἀσκήσεως. Ἐξηγήθηκε ἐκεῖ ὅτι ἕνα βασικό ὄργανο (ἄμπερόμετρο) μπορεῖ νά μετρήσει καί μιά πολύ μικρή τάση. Τό μέγεθος τῆς τάσεως αὐτῆς περιορίζεται βέβαια ἀπό τήν πολύ μικρή ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ βασικοῦ ὄργανου.

Γιά μέτρηση μεγαλύτερων τάσεων χρησιμοποιεῖται περιοριστικά κατάλληλη προστατευτική ἀντίσταση ἐν σειρᾷ μέ τό βασικό ὄργανο ἔτσι, ὥστε ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, πού θά κυκλοφορεῖ στό βολτόμετρο, πού κατασκευάζεται μέ τόν τρόπο αὐτό, νά εἶναι μέσα στά ὅρια τῆς μέγιστης ἐπιτρεπόμενης γιά τό βασικό ὄργανο ἐντάσεως. Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 21.α ἐξηγοῦνται σαφέστερα τά παραπάνω.



Σχ. 21.α.

Στό κύκλωμα αὐτό:

( $V_o$ ) εἶναι ἡ πρὸς μέτρηση τάση ( $V$ ) εἶναι ἡ ἐσωτερική πτώση τάσεως στό βασικό ὄργανο, ( $V_{\text{пр}}$ ) εἶναι ἡ πτώση τάσεως στήν προστατευτική ἀντίσταση ( $R_{\text{пр}}$ ).

Ἡ προστατευτική ἀντίσταση σ' ἕνα βολτόμετρο ἀποτελεῖ ἀπαραίτητο καί βασικό ἐξάρτημα αὐτοῦ καί εἶναι τοποθετημένη μέσα στό περίβλημα στό ὅποιο βρίσκεται τό ὅλο συγκρότημα τοῦ ὄργανου, εἴτε αὐτό εἶναι μόνο βολτόμετρο εἴτε πολύμετρο, δηλαδή ἄμπερόμετρο, βολτόμετρο καί ὠμόμετρο μαζί. Κάθε βολτόμετρο ἔχει τόσες προστατευτικές ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, ὅσες εἶναι οἱ κλίμακες τάσεως, πού διαθέτει.

Ἡ τιμή μιᾶς προστατευτικῆς ἀντιστάσεως ( $R_{\text{пр}}$ ) ὑπολογίζεται εὐκόλα, ὅταν εἶναι γνωστά: α) Ἡ τάση ( $V_o$ ) τῆς ἐπιθυμητῆς κλίμακας τοῦ ὄργανου ὡς βολτομέτρου καί β) τά χαρακτηριστικά τοῦ βασικοῦ ὄργανου, δηλαδή τό μέγιστο ἐπιτρεπόμενο γι' αὐτό ρεῦμα ( $I$ ) καί ἡ ἐσωτερική του ἀντίσταση ( $r$ ).

Μέ τα στοιχεία αυτά ως δεδομένα, ισχύει η σχέση:

$$I = \frac{V_{\mu}}{R_{\text{np}} + r}$$

όπου (I) είναι τό ρεύμα για τό βασικό όργανο, ( $V_{\mu}$ ) είναι ή μέγιστη τάση τής κλίμακας (ή τάση πού αντίστοιχεί sé πλήρη απόκλιση του δείκτη, ( $R_{\text{np}}$ ) είναι ή ζητούμενη προστατευτική αντίσταση, (r) είναι ή έσωτερική αντίσταση του βασικού όργάνου.

Ή (r) του βασικού όργάνου μπορεί νά παραληφθεί κατά τούς ύπολογισμούς, γιατί είναι πολύ μικρή sé σύγκριση πρός τήν ( $R_{\text{np}}$ ), πού είναι πολύ μεγάλη, καί τόσο μεγαλύτερη, όσο τό μέγιστο τής ζητούμενης κλίμακας είναι μεγαλύτερο. Έπομένως ή ( $R_{\text{np}}$ ) βρίσκεται πρακτικά από τή σχέση:

$$R_{\text{np}} = \frac{V_{\mu}}{I}$$

Βασικό χαρακτηριστικό του βολτομέτρου είναι ή **εύαισθησία**. Όσον μικρότερο είναι τό μέγιστο έπιτρεπόμενο ρεύμα του βασικού όργάνου, τόσο μεγαλύτερη εύαισθησία θά έχει τό όργανο αυτό, όταν μετατραπει στό βολτόμετρο, καί τόσο μεγαλύτερη θά είναι ή αντίσταση ( $R_{\text{np}}$ ).

Ή εύαισθησία εκφράζεται sé ώμ ανά βόλτ ( $\Omega/V$ ) καί φανερώνει τήν αντίσταση, πού αντίστοιχεί sé κάθε βόλτ τής κλίμακας. Άν π.χ. ένα βολτόμετρο έχει εύαισθησία 1000  $\Omega/V$ , αυτό σημαίνει ότι sé κάθε βόλτ τής κλίμακας του αντίστοιχούν 1000  $\Omega$ . Π.χ., αν τό βολτόμετρο είναι στήν κλίμακα τών 50 V, τότε μπορεί νά ύπολογισθεί ή αντίσταση ( $R_{\text{np}}$ ) μέ τήν έξής σκέψη:

Ήφου sé 1 V αντίστοιχούν 1000  $\Omega$ , sé 50 V θά αντίστοιχούν  $50 \times 1000 = 50000 \Omega$ .

Δηλαδή  $R_{\text{np}} = 50000 \Omega$  (ή έσωτερική αντίσταση του βασικού όργάνου δέν λαμβάνεται ύπόψη, ως πολύ μικρή).

Έστω π.χ. ότι ένα βολτόμετρο στήν κλίμακα τών 100 V διαθέτει έσωτερική αντίσταση 100 K $\Omega$ . Διαιρώντας τά 100 K $\Omega$  μέ τά 100 V βρίσκεται ότι ή εύαισθησία του βολτομέτρου είναι ίση μέ 1000 ώμ ανά βόλτ (1000  $\Omega/V$ ).

Τό βολτόμετρο, πού έχει μεγαλύτερη εύαισθησία, είναι καλύτερο, γιατί συνδεόμενο παράλληλα μέ μιá κατανάλωση, για νά μετρήσει τήν τάση στά άκρα της, δέν μεταβάλλει αισθητά τά στοιχεία της καί έπομένως τίς συνθηκες λειτουργίας του κυκλώματος. Ίδιαίτερα στά ηλεκτρονικά κυκλώματα, τά βολτόμετρα μέ μεγαλύτερη εύαισθησία είναι καταλληλότερα για τόν έλεγχο τής διαφοράς δυναμικού πού έπικρατεί μεταξύ δύο σημείων.

Τά κυκλώματα τών σχημάτων 21.β καί 21.γ βοηθούν στήν έξήγηση τών προηγούμενων.

Π.χ. στό σχήμα 21.β δύο αντίστάσεις, 2 M $\Omega$  ή καθεμιá, συνδέονται έν σειρά. Έάν ένα βολτόμετρο εύαισθησίας 1000  $\Omega/V$ , στήν κλίμακα τών 100 V (καί έπομένως μέ  $R_{\text{np}} = 100000 \Omega$ ), συνδεθει παράλληλα πρός τήν αντίσταση (R), ή ίσοδύναμη αντίσταση μεταξύ τών σχέσεων (A - B) είναι:

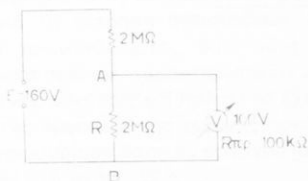
$$R_{AB} = \frac{R \cdot R_{\text{np}}}{R + R_{\text{np}}} = \frac{2.000.000 \times 100.000}{2.100.000} \approx 95.000 \Omega$$

Στό σχήμα 21.γ φαίνεται η μεταβολή των στοιχείων του κυκλώματος μετά τη σύνδεση του βολτομέτρου. Εάν η τάση της πηγής (E) ήταν π.χ. 160 V, στα άκρα (A - B) θα επικρατούσε τάση 80 V χωρίς το βολτόμετρο. Η τάση όμως, η οποία επικρατεί μετά τη σύνδεση του βολτομέτρου, θα είναι πολύ μικρότερη, δηλαδή:

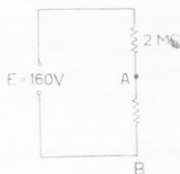
$$V_{AB} = \frac{95.000 \times 160}{2.095.000} \approx 7 \text{ V}$$

Δηλαδή, το βολτόμετρο θα μετρήσει τάση 7 V περίπου, αντί για την όρθη των 80 V.

Για να πλησίαζε η ένδειξη του βολτομέτρου στην πραγματική τιμή των 80 V, θα έπρεπε το βολτόμετρο να είχε εσωτερική αντίσταση πολύ μεγαλύτερη των 2 MΩ, γιατί η γνωστή αντίσταση του βολτομέτρου των 100 KΩ = 0,1 MΩ, αν τεθεί παράλληλα προς την αντίσταση των 2 MΩ μεταβάλλει σε μεγάλο βαθμό την αντίσταση του κυκλώματος.



Σχ. 21.β.



Σχ. 21.γ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

- Με τον τρόπο που περιγράφεται στην προηγούμενη άσκηση, να βρεθεί το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για το βασικό όργανο της άσκησης (άμπερομέτρο).
- Όμοια να βρεθεί η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου της άσκησης.
- Μπορεί το βασικό όργανο της άσκησης να χρησιμοποιηθεί όπως είναι (χωρίς καμιά μετατροπή για τη μέτρηση τάσεως; Εάν η απάντηση είναι καταφατική, ποιά τάση μπορεί αυτό να μετρήσει κατά τη μέγιστη απόκλιση του δείκτη του;
- Νά υπολογισθούν οι κατάλληλες αντιστάσεις, ώστε το βασικό όργανο συνδεδεμένον εν σειρά με αυτές να διαθέτει κλίμακες των 10, 50, 100 και 300 V.
- Αφού εξασφαλισθούν οι αντιστάσεις, που προέκυψαν από τους υπολογισμούς της προηγούμενης περιπτώσεως, να τοποθετηθούν στο όργανο (σύνδεση εν σειρά) και να πραγματοποιηθούν μετρήσεις τάσεων.
- Νά επαληθευθούν οι μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως χρησιμοποιώντας πρότυπο βολτόμετρο.
- Τά βολτόμετρα συνδέονται παράλληλα σε ένα κύκλωμα προκειμένου να

μετρήσουν την επικρατούσα διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων. Τι θά συμβεί αν ένα βολτόμετρο συνδεθεί εν σειρά στο κύκλωμα;

8. Τι καλείται ευαισθησία βολτομέτρου και από τί εξαρτάται αυτή;

9. Ποιά ή ευαισθησία του βολτομέτρου της άσκησης στις κλίμακες των 50, των 100 και των 300 V;

10. Νά σχεδιασθεί τό βασικό όργανο ως «πλήρες» βολτόμετρο, μέ τίς αντίστασεις, πού έχουν ύπολογισθεί αν τοποθετηθούν (εκ περιτροπής) εν σειρά μέ διακόπτη. (Βλέπε ανάλογο κύκλωμα άμπερομέτρου της προηγούμενης άσκησης).



## ΑΣΚΗΣΗ 22

### ΩΜΟΜΕΤΡΑ

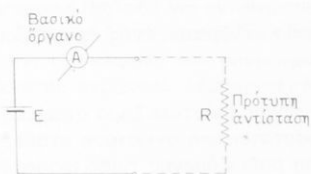
#### Υπολογισμός κλίμακας.

Στις δύο προηγούμενες ασκήσεις (Άμπερόμετρα και Βολτόμετρα) εξετάσθηκε ή χρησιμοποίηση βασικού ὀργάνου γιά τή μέτρηση ρευμάτων καί τάσεων μεγαλύτερων ἀπό ὄσο ἐπέτρεπε ή ἀρχική κατασκευή τοῦ ὀργάνου.

Στήν ἀσκηση αὐτή ἐξετάζεται ὁ τρόπος χρησιμοποίησεως τοῦ ἴδιου βασικοῦ ὀργάνου γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων, δηλαδή ή κατάλληλη προσαρμογή τοῦ ἐξωτερικοῦ του κυκλώματος, ὡστε αὐτό νά μετατραπεί σέ ὠμόμετρο.

Ἡ θεωρία περί τῶν χαρακτηριστικῶν ἐνός βασικοῦ ὀργάνου ἐκτίθεται στίς δύο προηγούμενες ασκήσεις καί πρέπει νά ἔχει ἤδη μελετηθεῖ, ὡστε νά εἶναι δυνατή ή ἐκτέλεση τῆς ἐργασίας τῆς τωρινῆς ἀσκῆσεως.

Ἡ χρησιμοποίηση βασικοῦ ὀργάνου (ἀμπερομέτρου) γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων φαίνεται στό σχῆμα 22.α.



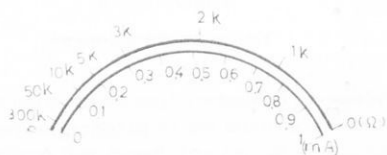
Σχ. 22.α.

Στό κύκλωμα αὐτό, μιά πηγή (E) παρέχει τάση, πού προκαλεῖ τήν κυκλοφορία ρεύματος ἀπό τό βασικό ὄργανο καί τήν πρότυπη ἀντίσταση (R). Τό βασικό ὄργανο βαθμολογεῖται ὡς ὠμόμετρο μέ τόν ἀκόλουθο τρόπο:

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος ὀρίζεται ἀπό τήν ἀντίσταση (R) καί τήν ἐσωτερική ἀντίσταση (r) τοῦ βασικοῦ ὀργάνου, οἱ ὁποῖες εἶναι ἐν σειρά. Τό βασικό αὐτό ὄργανο δείχνει τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος αὐτοῦ. Ἐάν ή τιμή τῆς ἀντιστάσεως (R) εἶναι γνωστή, στό σημεῖο πού δείχνει τότε ή βελόνα τοῦ ὀργάνου καί σέ ἰδιαίτερη κλίμακα, συνήθως ἐπάνω ἀπό τήν κλίμακα τῶν ἐντάσεων, σημειώνεται ή τιμή τῆς ἀντιστάσεως αὐτῆς. Ἐάν ἀκολουθῶς ἀντικατασταθεῖ ή (R) μέ μιά ἄλλη π.χ. μικρότερης τιμῆς ἀπό τήν προηγουμένη, τότε θά κυκλοφορήσει ρεῦμα μεγαλύτερης ἐντάσεως καί ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου θά ἀποκλίνει περισσότερο (θά ἀποκλίνει δεξιότερα).

Κατ' αναλογία, εάν συνδεθεί μία αντίσταση μεγαλύτερης τιμής, θά κυκλοφορήσει ρεύμα μικρότερης έντασης και ό δείκτης θά αποκλίνει λιγότερο (θά αποκλίνει άριστερότερα). Έτσι και έφ' όσον υπάρχουν πολλές πρότυπες αντιστάσεις καταλλήλων, τιμών (R), βαθμολογείται τό βασικό όργανο ώς ώμόμετρο και χαράσσεται νέα κλίμακα, έπάνω από τήν κλίμακα τών ρευμάτων, ή όποία θά μετρά αντίστασεις.

Η κλίμακα αύτή τών αντιστάσεων είναι αντίθετη πρός τήν κλίμακα τών ρευμάτων. Δηλαδή στή μηδενική ένδειξη ρεύματος αντιστοιχεί άπειρη ένδειξη αντίστασης, όπως φαίνεται στό σχήμα 22.β.



Σχ. 22.β.

Αυτό συμβαίνει σέ όλα τά συνηθισμένα ώμόμετρα και είναι έπαληθευση του νόμου του Ωμ, ότι ή ένταση του ρεύματος είναι αντίστροφως ανάλογη πρός τήν αντίσταση

$$( I = \frac{V}{R} )$$

Η πλήρης μορφή του κυκλώματος ενός ώμομέτρου είναι αύτή πού δείχνει τό σχήμα 22.γ.

Στό κύκλωμα αυτό:

(E) είναι ή τάση τής πηγής (πάντοτε ξηρά στοιχεία), ( $R_x$ ) είναι ή πρός μέτρηση αντίσταση, ( $R_1$ ) είναι προστατευτική αντίσταση σταθερής τιμής, ( $R_2$ ) είναι επίσης προστατευτική αντίσταση ρυθμιζόμενης τιμής (ροοστάτης).



Σχ. 22.γ.

Όι αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) προστατεύουν τό βασικό όργανο (άμπερόμετρο), γιατί χωρίς αυτές, σέ περίπτωση βραχυκυκλώσεως τών άκρων (B-Γ), θά κυκλοφορούσε ρεύμα πολύ μεγάλης έντάσεως. Η ( $R_1$ ) είναι σταθερής τιμής και εκλέγεται μέ βάση τά χαρακτηριστικά του βασικού όργανου και τής τάσεως τής πηγής. Η ( $R_2$ ) έχει ρυθμιστικό ρόλο, έπαιξάνει τήν τιμή τής ( $R_1$ ) και πρέπει νά είναι μεταβλητή, γιά

νά αντιμετωπίζονται οι μεταβολές της τάσεως της πηγής, αφού η τάση των ξηρών στοιχείων εξασθενεί με την πάροδο του χρόνου.

Η βαθμολογία του ωμόμετρου, εκτός από τον πρακτικό τρόπο, που αναφέραμε, μπορεί νά γίνει καί με θεωρητικούς υπολογισμούς ως εξής:

Όταν δίνονται η τάση της πηγής (E) καί η έσωτερική αντίσταση του βασικού όργανου (r), χρησιμοποιώντας τή σχέση:

$$I = \frac{E}{R_x + r}$$

ή όποια μετατρέπεται σέ:

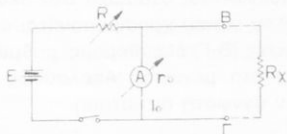
$$R_x = \frac{E - r \cdot I}{I}$$

βρίσκεται καί σημειώνεται κάθε φορά ή ( $R_x$ ), που αντίστοιχεί στίς διάφορες ένδειξεις εντάσεων (I) της κλίμακος των ρευμάτων.

Τό ωμόμετρο, που περιγράφεται παραπάνω είναι τό πιό άπλό καί λέγεται **ώμόμετρο σειράς**, έπειδή όλα του τά στοιχεία συνδέονται έν σειρά, χρησιμοποιείται δέ ως εξής:

Πρώτα βραχυκυκλώνονται οι άκροδέκτες (B - Γ) καί ρυθμίζεται ή ( $R_2$ ), ώστε ή βελόνα του όργάνου νά άποκλίνει στό μέγιστο. Άκολούθως μεταξύ των άκροδεκτών (B) καί (Γ) συνδέεται καί μετρείται ή άγνωστη αντίσταση.

Κύκλωμα ωμόμετρου έν σειρά συναντάται σέ όλα τά κοινά πολύμετρα των ηλεκτρολογικών καί ραδιοτεχνικών Έργαστηρίων. Τά χαρακτηριστικά του είναι ότι ή **κλίμακα των ώμ δέν είναι γραμμική** (δηλαδή γιά αντίστάσεις διπλάσιας, τριπλάσιας κ.λπ. ώμικης τιμής δέν δίνει διπλάσια ή τριπλάσια κ.λπ. άπόκλιση του δείκτη του) καί είναι αντίθετης φοράς άπό τήν κλίμακα των ρευμάτων. Έπίσης τό ωμόμετρο σειράς δέν είναι όργανο μεγάλης άκρίβειας, έξυπηρετεί όμως πολύ στόν έλεγχο κυκλωμάτων.



Σχ. 22.δ.

Άλλος τύπος ωμόμετρου είναι τό **ώμόμετρο παράλληλη συνδέσεως**, που συναντάται σέ όργανα καλύτερης κατασκευής καί μεγαλύτερης άκρίβειας. Τό ωμόμετρο του τύπου αυτού χρησιμοποιείται γιά τή μέτρηση μικρών κυρίως αντίστασεων. Τό σχήμα 22.ε παριστάνει ένα ωμόμετρο παράλληλου τύπου.

Η πρός μέτρηση αντίσταση ( $R_x$ ) συνδέεται παράλληλα πρός τό βασικό όργανο. Σχηματίζεται έτσι ένας παράλληλος κλάδος του κύριου κυκλώματος, όποτε άπό τήν τιμή που έχει κάθε φορά ή ( $R_x$ ) καθορίζεται ή ένταση του ρεύματος που διέρχεται άπό τό βασικό όργανο.

Η λειτουργία του ωμομέτρου παράλληλου τύπου κατανοείται καλύτερα, όταν υπολογισθούν τά ρεύματα που κυκλοφορούν μέσα στο όργανο για ποικίλες τιμές της αντίστασης ( $R_x$ ). Κατά τόν υπολογισμό των ρευμάτων αυτών διακρίνονται οι ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

α) Χωρίς τήν ( $R_x$ ), ή μέγιστη ένταση του ρεύματος ( $I_\mu$ ) στο κύκλωμα είναι:

$$I_\mu = \frac{E}{R + r}$$

όπου ( $r$ ) είναι η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου.

β) Όταν συνδεθεί ή προς μέτρηση αντίσταση ( $R_x$ ) στο κύκλωμα, τό ρεύμα ( $I_o$ ) στό όργανο είναι:

$$I_o = \frac{E}{R + \frac{r \cdot R_x}{r + R_x}} \cdot \frac{R_x}{r + R_x}$$

ή αφού εκτελεσθούν οι πράξεις:

$$I_o = \frac{E}{\frac{R \cdot r}{R_x} + R + r}$$

Από τήν τελευταία, αυτή σχέση φαίνεται ότι, όσο ή αντίσταση ( $R_x$ ) είναι μικρότερη, τόσο μικρότερη είναι ή ένταση του ρεύματος ( $I_o$ ) μικρότερη απόκλιση τής βελόνας του οργάνου), όσο δέ ή ( $R_x$ ) είναι μεγαλύτερη, τόσο μεγαλύτερη είναι καί ή ένταση ( $I_o$ ) (μεγαλύτερη απόκλιση τής βελόνας).

Συνάγεται λοιπόν τό συμπέρασμα ότι ή κλίμακα του ωμομέτρου παράλληλου τύπου, σέ αντίθεση προς τό ωμόμετρο έν σειρά, είναι τής ίδιας φοράς μέ τίς κλίμακες ρευμάτων καί τάσεων τών αντίστοιχων οργάνων, είναι δέ σχεδόν γραμμική στό πρώτο μισό τής, ένω πυκνώνεται σταδιακά στό δεύτερο μισό:

Τό ωμόμετρο παράλληλου τύπου χρησιμοποιείται ως έξης:

Πρώτα μέ τούς άκροδέκτες (Β-Γ) έλεύθερους, ρυθμίζεται ή (R), ώστε ή βελόνα του οργάνου νά άποκλίνει στό μέγιστο. Ακολουθώς στους άκροδέκτες (Β-Γ) συνδέομε καί μετρούμε τήν άγνωστη αντίσταση.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά βρεθεί τό μέγιστο ρεύμα ( $I$ ) του βασικού οργάνου καί ή εσωτερική αντίσταση του ( $r$ ) μέ τόν τρόπο, που υποδεικνύεται στην άσκηση του άμπερομέτρου.

2. Αφού είναι γνωστά τά ( $I$ ) καί ( $r$ ) του οργάνου καθώς καί ή τάση τής πηγής ( $E$ ), νά υπολογισθεί ή τιμή τής άπαιτούμενης έλάχιστης προστατευτικής αντίστασης, προκειμένου τό βασικό όργανο νά χρησιμοποιηθεί ως ωμόμετρο σειράς.

3. Μέ βάση τά άποτελέσματα τών παραπάνω υπολογιστών νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του ωμομέτρου καί χρησιμοποιώντας το νά γίνει επαλήθευση τής

κλίμακας πού υπολογίσθηκε με μετρήσεις διαφόρων γνωστών αντιστάσεων. Πρίν από κάθε μέτρηση πρέπει να γίνεται ρύθμιση του μεταβλητού τμήματος τής ( $R_{np}$ ) με βραχυκυκλωμένους τούς άκροδέκτες του όργάνου.

4. Νά υπολογισθεί ή ( $R_x$ ), γιά τήν όποία ό δείκτης του όργάνου άποκλίνει στό μισό τής κλίμακας.

5. Νά σχεδιασθεί σύνθετο κύκλωμα ενός βασικού όργάνου πού χρησιμοποιείται: α) Ώς άμπερόμετρο με δύο παράλληλες αντιστάσεις, γιά δύο κλίμακες έντάσεων, β) ως βολτόμετρο με δύο αντιστάσεις σειρᾶς γιά δύο κλίμακες τάσεων, καί γ) ως άπλό ώμόμετρο σειρᾶς.

6. Ποίός τύπος ώμομέτρου είναι προτιμότερος γιά τή μέτρηση μιᾶς αντιστάσεως  $1,5 \Omega$ ;

Τό **πολύμετρο** είναι ένα σύνθετο όργανο πού χρησιμοποιείται για τή μέτρηση **τάσεων** (συνεχούς καί έναλλασσόμενης μορφής), μικρών **έντάσεων** συνεχών ρευμάτων καί ώμικων **άντιστάσεων**. Σέ πολύμετρα μέ περισσότερες απαιτήσεις υπάρχουν καί κλίμακες για συνεχή καί έναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλων εντάσεων.

Γενικά τό πολύμετρο είναι συνδυασμός ενός βασικού οργάνου καί διαφόρων ειδικών κυκλωμάτων, όπως αυτά τά όποια εξετάστηκαν στις τρεις προηγούμενες ασκήσεις (Άμπερόμετρα, Βολτόμετρα, Ωμόμετρα). Έφ' όσον κάθε πολύμετρο μπορεί νά χρησιμοποιείται κατά βούληση ως άμπερόμετρο, βολτόμετρο ή ώμόμετρο, υπάρχει τό ζήτημα τής μετατροπής του κυκλώματος του οργάνου σέ ένα από τά τρία αυτά είδη, ανάλογα μέ τίς απαιτήσεις τής μετρήσεως, πού κάθε φορά επιθυμούμε.

Ή έκλογή καί χρήση του κατάλληλου κυκλώματος ενός πολυμέτρου για τήν επιθυμητή μέτρηση γίνεται μέ τίς διάφορες υποδοχές, πού διαθέτει τό όργανο ως ακροδέκτες του, είτε μέ πολλαπλό διακόπτη.

Τά πολύμετρα έχουν ποικίλες μορφές. Κάθε τύπος πολυμέτρου απαιτεί καί για τόν έμπειρο άκόμα Τεχνικό προσεκτική μελέτη στη άρχή, ή όποια θά διευκολύνει τήν όρθή χρήση του. Βιαστική καί χωρίς τήν πρέπουσα προσοχή χρήση μπορεί νά οδηγήσει σέ λανθασμένη έκλογή κλίμακας ή λανθασμένη συνδεσμολογία καί πιθανή καταστροφή του βασικού οργάνου.

Παρακάτω δίνονται μερικές οδηγίες για τήν όρθή χρήση ενός πολυμέτρου.

1. Όρθή τοποθέτηση του διακόπτη. Πρέπει: α) νά τοποθετηθεί ό διακόπτης στην περιοχή τάσεων, ρευμάτων ή άντιστάσεων, ανάλογα μέ τό τί πρόκειται κάθε φορά νά μετρηθεί.

β) Άν πρόκειται για μέτρηση τάσεως, πρέπει νά προσέξομε εάν είναι έναλλασσόμενη ή συνεχής. Πρέπει επίσης νά προσέξομε καί όταν πρόκειται για μέτρηση ρεύματος, έφ' όσον τό πολύμετρο μετρά έκτός από συνεχή καί έναλλασσόμενα ρεύματα.

γ) Πρέπει νά γίνει όρθή έκλογή τής κλίμακας τάσεως, εντάσεως ή άντιστάσεως, ανάλογα μέ τό μέγεθος του προς μέτρηση ποσού. Ή έκλογή αυτή πρέπει νά γίνει προσεκτικότερα, όταν πρόκειται για μέτρηση τάσεων ή εντάσεων, όποτε έκλογή μικρότερη κλίμακας σημαίνει κίνδυνο για τό βασικό όργανο.

2. Σέ περίπτωση κατά τήν όποια δέν είναι περίπου γνωστό τό μέγεθος του προς μέτρηση ποσού, ό διακόπτης, του πολυμέτρου τοποθετείται στη μεγαλύτερη σχετική κλίμακα. Έάν ή ένδειξη τής μετρήσεως στην κλίμακα αυτή είναι πολύ μικρή καί άσαφής, τότε μεταφέρεται ό διακόπτης σέ μικρότερη κλίμακα.

3. Ἡ τοποθέτηση τῶν ἀκροδεκτῶν τοῦ ὄργάνου στά σημεία, ὅπου πρόκειται νά γίνει ἡ μέτρηση, πρέπει νά γίνεται μέ προσοχή καί μέ τήν ὀρθή πολικότητα, ἐάν μετρεῖται συνεχῆς μέγεθος.

4. Ποτέ δέν ἐπιχειρεῖται μέτρηση ἀντιστάσεως σέ ἓνα κύκλωμα, πού εἶναι ὑπό τάση.

5. Προκειμένου νά μετρηθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, διακόπτεται σέ ἓνα σημεῖο τό κύκλωμα καί παρεμβάλλεται τό ὄργανο σέ σειρά.

6. Ὑστερα ἀπό κάθε χρήση, πρέπει ὁ διακόπτης νά τοποθετεῖται στή μεγαλύτερη κλίμακα ἐναλλασσόμενης τάσεως. Μέ τό διακόπτη στή θέση αὐτή τό πολύμετρο διατρέχει τό μικρότερο δυνατό κίνδυνο σέ περίπτωση βιαστικῆς καί ὄχι ὀρθῆς συνδέσεώς του σέ ἓνα κύκλωμα.

**Προσοχή.** Μέ τήν εὐκαιρία τῆς μελέτης τοῦ πολυμέτρου, ὑπενθυμίζεται ὅτι:

Ἡ μὴ ὀρθή χρήση τοῦ πολυμέτρου ἢ καί ἀπλοῦ βολτομέτρου, ἀμπερομέτρου ἢ ὤμομέτρου, γιά τή μέτρηση τάσεων, ἐντάσεων ἢ ἀντιστάσεων, ἐκτός ἀπό τόν κίνδυνο βλάβης τοῦ ὄργάνου, εἶναι ἐπικίνδυνη καί γιά τόν μαθητῆ, πού χειρίζεται τό ὄργανο. Ἐπομένως:

7. Τά δάκτυλα οὐδέποτε πρέπει νά ἀγγίζουν τό μεταλλικό μέρος τῶν ἀκροδεκτῶν.

8. Πρέπει νά ἀποφεύγεται ἡ ταυτόχρονη τοποθέτηση καί τῶν δύο ἀκροδεκτῶν στά πρὸς μέτρηση σημεία μέ τά δύο χέρια. Καλό εἶναι νά τοποθετεῖται καί νά στερεώνεται πρῶτα ὁ ἓνας ἀκροδέκτης καί ἔπειτα νά τοποθετεῖται καί ὁ ἄλλος γιά τήν ἐπιθυμητῆ μέτρηση.

9. Προκειμένου νά διακοπεῖ ἓνα κύκλωμα, γιά νά παρεμβληθεῖ ἀμπερόμετρο πρὸς μέτρηση ρεύματος, πρέπει νά διακόπτεται προηγούμενα ἡ παροχή ρεύματος μέ τό διακόπτη τοῦ κυκλώματος, ἢ, ἂν δέν ὑπάρχει διακόπτης, νά «βγαίνει» ὁ ρευματολήπτης ἀπό τό ρευματοδότη.

10. Κατά τή διεξαγωγή τῶν ἀσκήσεων, νά ζητεῖται πάντοτε ὁ προηγούμενος ἔλεγχος καί ἔγκριση τῶν συνδεσμολογιῶν ἀπό τόν Καθηγητῆ τοῦ Ἐργαστηρίου καί τότε μόνο νά ἐφαρμόζεται τάση στό ὑπό ἐξέταση κύκλωμα.

Τό πολύμετρο, ὅπως ἀναφέρθηκε ἤδη, εἶναι ἓνας συνδυασμός ἀμπερομέτρου - βολτομέτρου - ὤμομέτρου. Καί τά τρία αὐτά ὄργανα μελετήθηκαν στίς τρεῖς προηγούμενες ἀσκήσεις καί πρέπει νά εἶναι γνωστά. Φυσικά, ἡ διάταξη τῶν ἐπί μέρους κυκλωμάτων σέ κάθε πολύμετρο ἀλλάζει, ἀλλά ἡ γενική ἀρχή λειτουργίας εἶναι ἡ ἴδια γιά ὅλα τά πολύμετρα.

Ἡ μόνη περίπτωση, πού δέν ἐξετάσθηκε, εἶναι ἡ μέτρηση ἐναλλασσομένων μεγεθῶν. Καί γιά τά ἐναλλασσόμενα ὁμως μεγέθη (τάση καί ἔνταση) χρησιμοποιεῖται τό ἴδιο βασικό ὄργανο τοῦ πολυμέτρου καί ἰσχύουν ὅλα, ὅσα ἀναφέρθηκαν στίς ἀσκήσεις περὶ ἀμπερομέτρου καί βολτομέτρου. Ἡ μόνη τροποποίηση συνίσταται στήν παρεμβολή ἐνός **ἀνορθωτῆ** (ἢ συστήματος ἀνορθωτῶν), μέ τόν ὁποῖο ἐπιτυγχάνεται μετατροπή τοῦ ἐναλλασσομένου μεγέθους σέ συνεχῆς. Ἡ κλίμακα τοῦ ὄργάνου δείχνει τότε τήν ἐνδεικνύμενη τιμῆ τοῦ ἐναλλασσομένου μεγέθους καί θέμα πολικότητας στήν περίπτωση αὐτῆ δέν ὑφίσταται.

Συχνά σέ ἠλεκτρονικές συσκευές, ἀπαιτεῖται μέτρηση μιᾶς ἐναλλασσόμενης τάσεως σέ ἓνα κύκλωμα, στό ὁποῖο ὁμως συνυπάρχουν ἐναλλασσόμενη καί συνεχῆς τάση. Ἐάν τό ὄργανο δέν διαθέτει εἰδική ὑποδοχὴ γιά μέτρηση αὐτοῦ τοῦ εἶδους,

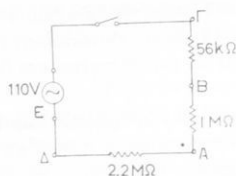
πρέπει να παρεμβληθεί εξωτερικά σε ένα άκροδέκτη του ένας πυκνωτής, που θα διακόπτει το κύκλωμα για το συνεχές και θα επιτρέπει τη διέλευση μόνο του εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο έτσι μετρείται.

Εάν ο πυκνωτής βρίσκεται μέσα σε κιβώτιο, που περιέχει όλα τα εξαρτήματα του πολυμέτρου (οπότε δεν χρειάζεται να παρεμβληθεί εξωτερικά), τότε υπάρχει συνήθως μία υποδοχή στο όργανο με την ένδειξη Output.

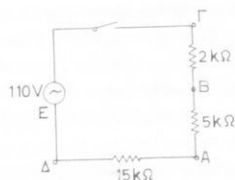
Τά περι εύαισθησίας του οργάνου ισχύουν και εδώ, όπως αναφέρθηκαν στην άσκηση περι βολτομέτρου.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

- Με μεγάλη προσοχή να ανοιχθεί το πολύμετρο της άσκησης και να γίνει αναγνώριση των κυκλωμάτων του. Εάν το Έργαστήριο διαθέτει το σχέδιο των κυκλωμάτων του πολυμέτρου, να αντιγραφεί αυτό στο τετράδιο. Κατά τη σχεδίαση στο τετράδιο να προτιμηθούν διαφορετικά χρώματα για τα επί μέρους κυκλώματα του αμπερομέτρου, βολτομέτρου, ώμομέτρου και του συστήματος άνορθώσεως.
- Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 23.α.



Σχ. 23.α.



Σχ. 23.β.

Με το διακόπτη του πολυμέτρου στην κατάλληλη κλίμακα να μετρηθεί ή εφαρμοζόμενη τάση (E) και ακολούθως η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης. Οι ένδειξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

Σημεία μετρήσεως	Ένδειξη βολτομέτρου (V)	Κλίμακα οργάνου	Αντίσταση (Ω)
ΑΔ ΑΒ ΒΓ			

- Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 23.β.

Να ληφθούν σ' αυτό οι απαιτούμενες μετρήσεις, ώστε να συμπληρωθεί ο επόμενος πίνακας. Όλες οι μετρήσεις να πραγματοποιηθούν στη μεγαλύτερη κλίμακα του οργάνου.



Μέγιστη κλίμακα τάσεων		
Σημεία μετρήσεως	Ένδειξη βολτομέτρου (V)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
ΑΒ ΒΓ ΑΔ ΓΔ		

4. Νά επαναληφθούν οι μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως, όταν ο διακόπτης του όργανου βρίσκεται στην κατάλληλη κάθε φορά κλίμακα. Νά γραφούν, οι μετρήσεις στον παρακάτω πίνακα και νά γίνει σύγκριση με τις προηγούμενες.

Σημεία μετρήσεως	Ένδειξεις βολτομέτρου (V)	Κλίμακα όργανου	Αντίσταση ( $\Omega$ )
ΑΒ ΒΓ ΑΔ ΓΔ			

5. Καί στά δύο κυκλώματα, όταν αυτά βρίσκονται χωρίς τάση, νά μετρηθούν οι αντιστάσεις με ωμόμετρο, επίσης νά προσδιορισθούν οι τιμές τους με τά χρώματα και νά γραφούν στις σχετικές στήλες του παρακάτω πίνακα. Νά συγκριθούν οι τιμές, τις όποιες δίνει τό ωμόμετρο, με εκείνες, πού δίνουν τά χρώματα τών αντιστάσεων. Ποιές ένδειξεις είναι οι πιό ακριβείς, του ωμομέτρου ή τών χρωμάτων;

Αντιστάσεις	Ένδειξη ωμομέτρου	Ένδειξη χρωμάτων
1		
2		
3		
4		
5		
6		

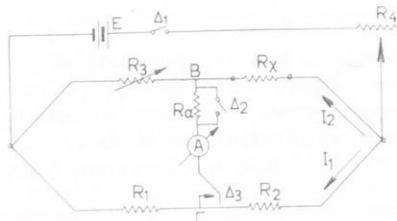
6. Στο κύκλωμα της περιπτώσεως 3 νά εφαρμοσθεί τάση 50 - 100 V (συνεχής) και νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος. Επίσης νά υπολογισθεί ή ένταση του ρεύματος από τά λοιπά στοιχεία του κυκλώματος και νά συγκριθούν τά δύο αποτελέσματα.

## ΑΣΚΗΣΗ 24

### ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΥΪΤΣΤΟΝ (WHEATSTONE)

Στήν άσκηση 12 εξετάσθηκε ή άρχή λειτουργίας καί ή χρήση μιås άπλης γέφυρας γιά τή μέτρηση αντίστασεων. Άπό τόν ΓουΪτστον έπινοήθηκε ή γέφυρα ίσορροπίας, ή όποία στηρίζεται στήν ίδια άρχή λειτουργίας, όπως καί ή άπλή γέφυρα είναι όμως, βελτιωμένη καί έξυπηρετεί σέ ποικίλες μετρήσεις στά ήλεκτρικά κυκλώματα. Η ικανότητα τής γέφυρας αύτης νά προσδιορίζει τήν τιμή μιås άγνωστης αντίστασης μέ μεγάλη ακρίβεια, καί μάλιστα όταν ή τιμή τής μετρούμενης αντίστασης είναι πολύ μικρή, τήν καθιστά πολύτιμο όργανο.

Στό έμπόριο ύπάρχουν γέφυρες ΓουΪτστον κατασκευής διαφόρων έργοστασιών, έπομένως διαφορετικής έμφανίσεως. Η λειτουργία όλων αύτων όμως στηρίζεται στήν ίδια άρχή. Τό βασικό κύκλωμα μιås γέφυρας ΓουΪτστον φαίνεται στό σχήμα 24.α.



Σχ. 24.α.

Μιά πηγή συνεχούς τάσεως (E) τροφοδοτεί τέσσερις αντίστασεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), ( $R_3$ ) καί ( $R_x$ ), συνδεμένες σέ σχήμα τετραπλεύρου.

Έστω ότι ή ( $R_x$ ) είναι ή άγνωστη αντίσταση. “Όταν ή διαφορά δυναμικού στά σημεία (B) καί (Γ) είναι μηδέν, τότε στόν κλάδο (BΓ) του όργανου (A) (τό όργανο A είναι γαλβανόμετρο καί έχει τήν ένδειξη του μηδενός στή μέση τής κλίμακάς του) κανένα ρεύμα δέν κυκλοφορεί. Στήν περίπτωση αύτή ή διαφορά δυναμικού στά άκρα τής αντίστασης ( $R_x$ ) είναι ίση πρός τή διαφορά δυναμικού στά άκρα τής ( $R_2$ ). Τό ίδιο ισχύει καί γιά τήν άλλη πλευρά τής γέφυρας, δηλαδή στά άκρα τής ( $R_1$ ) καί τής μεταβλητής αντίστασης ( $R_3$ ) έπικρατεί ή ίδια διαφορά δυναμικού. Άπό τά παραπάνω προκύπτουν οι σχέσεις:

$$R_x \cdot I_2 = R_2 \cdot I_1 \quad \text{καί} \quad R_3 \cdot I_2 = R_1 \cdot I_1.$$

“Αν διαιρέσουμε κατά μέλη τις δύο αυτές σχέσεις προκύπτει:

$$\frac{R_x \cdot I_2}{R_3 \cdot I_2} = \frac{R_2 \cdot I_1}{R_1 \cdot I_1}$$

καί από αυτήν:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{όποτε: } R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

“Η ( $R_3$ ) είναι μεταβλητή αντίσταση βαθμολογημένη, είναι δηλαδή γνωστή, και ο λόγος  $R_2/R_1$  είναι επίσης γνωστός, οπότε υπολογίζεται από την τελευταία σχέση ή άγνωστη αντίσταση ( $R_x$ ). “Εννοείται ότι σε μία γέφυρα Γουίτστον κατασκευής έργουστασίου, ή τιμή της άγνωστης αντιστάσεως ( $R_x$ ) δίνεται απ’ ευθείας, χωρίς κανένα υπολογισμό, επάνω στο όργανο, τό όποϊόν έχει βαθμολογηθεί μέ βάση τή σχέση (1).

“Ο ροοστάτης ( $R_4$ ) τίθεται μόνο για νά περιορίζει τήν ένταση του ρεύματος, πού διαρρέει τούς κλάδους τής γέφυρας, ώστε νά μή κινδυνεύουν οί αντιστάσεις τής.

Τονίζεται καί πάλι ότι ή σχέση (1) ισχύει μόνο, όταν ή γέφυρα βρίσκεται σε ισορροπία, δηλαδή όταν από τόν κλάδο (ΒΓ) δέν διέρχεται καθόλου ρεύμα.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα τής γέφυρας Γουίτστον. “Ως συνδυαστικοί άγωγοί στους κλάδους τής γέφυρας νά χρησιμοποιηθοῦν πολύκλινα καλώδια, όσο τό δυνατό μικρότερης αντιστάσεως.

2. Νά γίνει ρύθμιση (δηλαδή νά επιτευχθεί ισορροπία) τής γέφυρας μέ τόν άκόλουθο τρόπο: Συνδέεται ή ( $R_x$ ) καί κλείεται ο διακόπτης ( $\Delta_1$ ). Ρυθμίζεται ή ( $R_4$ ), ώστε ή ένταση του ρεύματος σε όλες τις αντιστάσεις τής γέφυρας νά είναι στά όρια ασφάλειας. “Ακόλουθα ρυθμίζεται ή ( $R_3$ ), ώστε τό ρεύμα στό γαλβανόμετρο νά μηδενισθεί (στιγμιαίο κλείσιμο του διακόπτη  $\Delta_3$ ). Βραχυκυκλώνεται τότε ή ( $R_2$ ) (κλείνεται καί ο διακόπτης  $\Delta_2$ ), ώστε νά επιτευχθεί αύξηση τής ευαισθησίας τής γέφυρας καί ρυθμίζεται πάλι ή ( $R_3$ ) (λεπτή ρύθμιση), ώστε νά μηδενισθεί έντελώς τό ρεύμα του γαλβανόμετρο. “Ετσι επιτυγχάνεται ή ισορροπία τής γέφυρας.

“Εάν ή ( $R_x$ ) έχει τέτοια τιμή ώστε νά μή επιτυγχάνεται ισορροπία τής γέφυρας, επιβάλλεται νά άλλαξοῦν οί αντιστάσεις ( $R_1$ ) καί ( $R_2$ ). Φυσικά σε μία γέφυρα του έμπορίου ή άλλαγή αυτή γίνεται μέ διακόπτες, μία καί στό έσωτερικό κύκλωμα τής γέφυρας υπάρχουν αντιστάσεις αντιπροσωπευτικές όλων των μεγεθών.

3. Στην κατάσταση ισορροπίας τής γέφυρας, δηλαδή όταν από τόν κλάδο (ΒΓ) δέν διέρχεται ρεύμα, νά σημειωθοῦν οί τιμές των ( $R_3$ ), ( $R_1$ ) καί ( $R_2$ ) καί από αυτές νά υπολογισθεί ή άγνωστή ( $R_x$ ). (“Ο υπολογισμός θά γίνει έφ’ όσον ή γέφυρα τής άσκήσεως δέν δίνει άμέσως τήν τιμή τής  $R_x$  σε βαθμολογημένη κλίμακα).

4. Νά μετρηθούν με τόν τρόπο πού περιγράφεται παραπάνω οί αντίστασεις, πού δίνονται στην άσκηση αὐτή. Τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων καί ὑπολογισμῶν νά γραφοῦν στόν ἐπόμενο πίνακα:

Ἐντιστάσεις (Ω)	1	2	3	4
Τελική Κατάσταση				
Ἰσορροπίας				
$R = R_3 \frac{R_2}{R_1}$				

5. Κατά τή μέτρηση μιᾶς ἀπό τίς ἐντιστάσεις νά ἀντιστραφοῦν οί πόλοι τῆς πηγῆς καί νά παρατηρηθεῖ ποιά ἡ ἐπίδραση τῆς ἀλλαγῆς αὐτῆς στή μέτρηση.

6. Ποιά ἀπό τά στοιχεῖα τῆς γέφυρας ἐπηρεάζουν τήν ἰσορροπία τῆς καί τήν ἀκρίβεια τῶν μετρήσεων;

7. Ἄν, ὅταν ἡ γέφυρα ἔχει ἰσορροπήσει, ἀφαιρεθεῖ ὁ κλάδος (ΒΓ), θά διαταραχθεῖ ἡ ἰσορροπία τῆς γέφυρας; Νά δικαιολογηθεῖ ἡ ἀπάντηση.

8. Τί θά συμβεῖ ἐπίσης ἂν, στήν ἴδια περίπτωση, ὁ κλάδος (ΒΓ) βραχυκυκλωθεῖ;

## ΑΣΚΗΣΗ 25

### ΙΣΧΥΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ

#### Νόμος του Joule.

Η γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος είναι μηχανή, ή όποια μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ο κινητήρας είναι επίσης μηχανή, ή όποια μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική. Η ηλεκτρική κουζίνα μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική, ενώ ο μετασχηματιστής μετασχηματίζει τούς παράγοντες της ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή δέχεται ηλεκτρική ενέργεια και παρέχει πάλι ηλεκτρική ενέργεια, αλλά με διαφορετική τάση και ένταση ρεύματος.

Κάθε μηχανή λοιπόν μετατρέπει ποσότητα ενέργειας από μία μορφή σε μία άλλη περισσότερο χρήσιμη και προσαρμοσμένη σε μία συγκεκριμένη εργασία.

Ένα ποσοστό από την ενέργεια, ή όποια προσφέρεται για να μετατραπεί σε άλλη μορφή, χάνεται και κυρίως ακτινοβολείται στο περιβάλλον ως ανεπιθύμητη θερμότητα. Η ενέργεια, που αποδίδεται από μία μηχανή μετά τη μετατροπή **ώφέλιμη ενέργεια**, είναι πάντοτε μικρότερη από την ενέργεια που της προσφέρουμε, **προσφερόμενη ενέργεια**, τόσο, όσο είναι τό ποσοστό που χάνεται, **ένέργεια άπωλειών**.

**Ίσχύς μηχανής** είναι η ικανότητα της να παράγει έργο. Δηλαδή, η ικανότητά της να μετατρέπει σε όρισμένο χρονικό διάστημα (στή μονάδα του χρόνου) λιγότερο ή περισσότερο ποσό από την προσφερόμενη ενέργεια. Μία συσκευή μπορεί να αποδίδει τόσο μεγαλύτερη ενέργεια ανά δευτερόλεπτο, όσο μεγαλύτερη ισχύ έχει. Η ισχύς (P) μιας συσκευής συνεχούς ρεύματος εκφράζεται σε W και βρίσκεται με πολλαπλασιασμό της τάσεως λειτουργίας, σε V, επί την ένταση του ρεύματος, σε A:

$$P = V \cdot I.$$

Η σχέση αυτή (μέ τη βοήθεια του νόμου του Ωμ) γράφεται επίσης:

$$P = R \cdot I^2 \quad \eta \quad P = \frac{V^2}{R}$$

**Ένέργεια** είναι τό γινόμενο της ισχύος επί τό χρόνο· στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = P \cdot t$$

$$\eta A = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$\eta A = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

Από τη σχέση,  $A = P \cdot t$ , προκύπτει και η αντίστοιχη μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι τό VA sec, (βόλτ - άμπερ - δευτερόλεπτο) ή W sec (βάττ - δευτερόλεπτο) ή joule (τζάουλ).

**Βαθμός αποδόσεως** μηχανής είναι ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος προς την προσφερόμενη. Ο βαθμός αποδόσεως είναι καθαρός αριθμός και είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα. Έκφράζεται συνήθως επί τοίς εκατό της προσφερόμενης ενέργειας, π.χ. 80%, 90% κ.λπ.

Μιά από τίς πιό συνηθισμένες μετατροπές ηλεκτρικής ενέργειας, που συναντάται περισσότερο και χρησιμοποιείται για την έξυπνη χρήση βασικών οικιακών αναγκών, είναι η μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια. Μονάδα της θερμικής ενέργειας είναι η kcal (κιλοκαλορί ή χιλιοθερμίδα). Μιά kcal αντιστοιχεί στο ποσό της θερμότητας, που απαιτείται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας νερού μάζας 1 kg κατά ένα βαθμό Κελσίου στη στάθμη θερμοκρασίας 14° - 15° C.

Στήν περίπτωση μικρών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή εκφράζεται σε W sec ή joule, ενώ στις περιπτώσεις συνήθων ποσοτήτων, π.χ. εγκαταστάσεων φωτισμού ή κινήσεως, εκφράζεται σε kWh (κιλοβαττώρες).

Η θερμική ενέργεια, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, εκφράζεται σε kcal. Πρώτος ο Joule έδειξε με πειράματα ότι οι μονάδες αυτές μετρήσεως της ενέργειας συνδέονται με τίς σχέσεις:

$$1 \text{ joule} = 0,000239 \text{ kcal,}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ joule}$$

$$\text{καί } 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 3600000 \text{ joule} = 860 \text{ kcal.}$$

Η ισχύς στο συνεχές ρεύμα μπορεί να μετρηθεί έμμεσα με βολτόμετρο και άμπερόμετρο, ή άμεσα με βαττόμετρο. (Η έσωτερική κατασκευή τών όργάνων αυτών εξετάζεται του βολτομέτρου στην άσκηση 21, του άμπερομέτρου στην άσκηση 20 και του βαττομέτρου στην άσκηση 44). Τό ίδιο ισχύει και για τό έναλλασσόμενο ρεύμα, όταν η κατανάλωση είναι καθαρά ώμική αντίσταση.

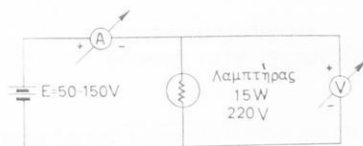
Η ηλεκτρική ενέργεια, που ύπολογίζεται ως ισχύς επί τό χρόνο, μετρείται επίσης έμμεσα με βολτόμετρο και άμπερόμετρο ή με βαττόμετρο, και τό άποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται επί τό χρόνο ή, όπως συνήθως συμβαίνει, μετρείται άμεσα με ένα μετρητή ενέργειας. Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας για τό έναλλασσόμενο ρεύμα είναι τά «ρολόγια» τά όποια έχει εγκαταστήσει η ΔΕΗ σε όλα τά σπίτια, που ήλεκτροδοτεί. (Στήν άσκηση 45 εξετάζεται η έσωτερική κατασκευή και η λειτουργία τών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

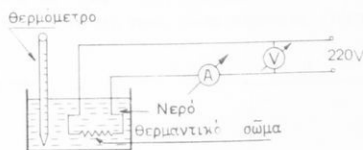
1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 25.α. Νά μετρηθούν η έφαρμοζόμενη τάση και η ένταση του ρεύματος σ' αυτό και νά ύπολογισθεί η ισχύς της καταναλώσεως.

2. Τό προηγούμενο κύκλωμα νά τροφοδοτηθεῖ μέ τάση δικτύου 220 V καί νά μετρηθεῖ μέ βαττόμετρο ἡ ἰσχύς πού καταναλώνεται στό λαμπτήρα (προσοχή στή σύνδεση τοῦ βαττομέτρου, νά τήν ἐλέγχει προηγούμενα ὁ Καθηγητής). Νά συγκριθοῦν τά ἀποτελέσματα τῶν δύο μετρήσεων.

3. Ἐπίσης στό προηγούμενο κύκλωμα, νά μετρηθεῖ ἡ ηλεκτρική ἐνέργεια, πού καταναλώνεται σέ διάστημα δέκα λεπτῶν. Γιά τή μέτρηση αὐτή νά χρησιμοποιηθεῖ μετρητής ηλεκτρικῆς ἐνέργειας (μικρό «ἐνδιάμεσο ρολοῖ» πού θά συνδεσμολογηθεῖ ὅπως θά ὑποδείξει ὁ Καθηγητής).



Σχ. 25.α.



Σχ. 25.β.

4. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 25.β καί νά ἐπαληθευθεῖ ὁ νόμος τοῦ Joule ( $1 \text{ joule} = 0,000239 \text{ kcal}$ ).

Γιά τήν πραγματοποίηση τοῦ παραπάνω κυκλώματος διατίθενται:

α) Γιάλινο δοχεῖο γεμάτο νερό (1 kg νεροῦ).

β) Θερμόμετρο.

γ) Εἰδικό θερμαντικό σώμα (ἐμβαπτιζόμενη ηλεκτρική ἀντίσταση).

δ) Πηγή καί τά ἀπαραίτητα ὄργανα μετρήσεως τῶν ηλεκτρικῶν μεγεθῶν.

5. Ἄφου ἐφαρμοσθεῖ ἡ τάση τοῦ δικτύου στό παραπάνω κύκλωμα, νά μετρηθοῦν:

α) Ἡ προσφερόμενη ηλεκτρική ἐνέργεια σέ 5 πρώτα λεπτά.

β) Ἡ ἀποδιδόμενη θερμική ἐνέργεια ἐπίσης σέ 5 πρώτα λεπτά.

γ) Νά γίνουν σχετικοί ὑπολογισμοί, ὅπου ἀπαιτοῦνται.

Γιά τήν ἐπαλήθευση τοῦ νόμου τοῦ Joule νά χρησιμοποιηθεῖ ἡ σχέση:

$$\Theta = M \cdot c(\theta_2 - \theta_1) = 0,000239 \cdot P \cdot t.$$

Σ' αὐτή:  $(\Theta)$  = τό ποσό τῆς θερμότητας σέ kcal.

$(M)$  = ἡ μάζα τοῦ νεροῦ σέ kg.

$(c)$  = ἡ εἰδική θερμότητα σέ kcal/kg (γιά τό νερό  $c=1$ ).

( $\theta_2$ ) = η τελική θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

( $\theta_1$ ) = η αρχική θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

6. Νά υπολογισθεί ο βαθμός αποδόσεως της συσκευής και νά σχολιασθεί η ποιότητα της. Κατά την κρίση της ποιότητας της συσκευής νά ληφθούν υπόψη, εκτός από τις απώλειες, και τὰ σφάλματα μετρήσεων.

7. Ποιό είναι τό ποσό της θερμότητας (σε kcal), πού αποδίδει ηλεκτρικό σίδερο ισχύος 400 W σε διάστημα μιᾶς ὥρας;



## ΑΣΚΗΣΗ 26

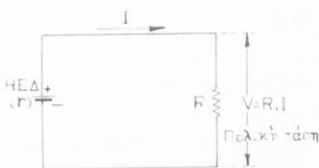
### ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ

Στό σχήμα 26 .α φαίνεται ένα κύκλωμα με πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμews (E), ή οποία παρέχει ρεύμα έντάσεως (I) σέ κατανάλωση (φορτίο) (R), ενώ στό σχήμα 26.β ένα ισοδύναμο πρός τό προηγούμενο κύκλωμα.

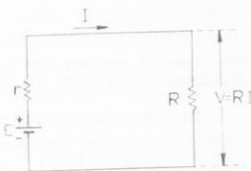
Τά κύρια χαρακτηριστικά κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι δύο:

α) **Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (HEΔ) (E)**, πού είναι πάντοτε σταθερή.

β) **Η έσωτερική αντίσταση (r)**, πού είναι πάντοτε επίσης σταθερή



Σχ. 26.α.



Σχ. 26.β.

Έπομένως στό παραπάνω κύκλωμα ή ένταση (I) του ρεύματος, τό οποίο παρέχει ή πηγή, εξαρτάται μόνο από τήν τιμή τής καταναλώσεως (R), αφού ή HEΔ (E) καί ή έσωτερική αντίσταση (r) είναι σταθερά μεγέθη. Πράγματι ό νόμος του "Ωμ για πλήρες κύκλωμα δίνει για τήν ένταση του ρεύματος τή σχέση:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Η σχέση αυτή γίνεται:

$$E = (R + r) \cdot I \quad \text{ή} \quad E = R \cdot I + r \cdot I$$

Τό γινόμενο  $R \cdot I = V$  είναι ή **πολική τάση** τής πηγής. Τό γινόμενο  $r \cdot I$  είναι ή **έσωτερική πτώση τάσεως** τής πηγής. Δηλαδή ή (σταθερή) ηλεκτρεγερτική δύναμη (E) Ισούται μέ τό άθροισμα τής πολικής τάσεως (V) καί τής έσωτερικής πτώσεως τάσεως τής πηγής.

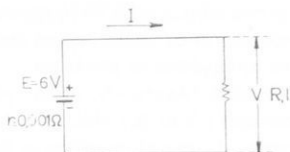
$$E = V + r \cdot I$$

Επομένως η πολική τάση (V) θα ισούται:

$$V = E - r \cdot I$$

Εάν τώρα η έσωτερική αντίσταση της πηγής είναι αρκετά μικρή (π.χ.  $0,01\Omega$  ή  $0,001\Omega$  ή και ακόμη μικρότερη), τό γινόμενο  $r \cdot I$  θα είναι επίσης μικρό, ακόμη και αν η ένταση του ρεύματος (I) είναι αρκετά μεγάλη. Επομένως η πολική τάση (V) θα πλησιάζει νά γίνεται ίση προς τή σταθερή ΗΕΔ (E). Δηλαδή η πολική τάση (V) θα είναι καί αυτή σχεδόν σταθερή, ακόμα και αν η πηγή παρέχει πολύ ρεύμα (άρκει η έσωτερική αντίσταση της πηγής, νά είναι αρκετά μικρή, καί μάλιστα σέ σύγκριση προς τήν (R)).

Εστω π.χ. ότι μιά πηγή έχει ΗΕΔ  $E = 6V$  καί έσωτερική αντίσταση  $r = 0,001\Omega$ , όπως στό σχήμα 26.γ.



Σχ. 26.γ.

Εάν η αντίσταση (R) είναι  $10\Omega$ , τό ρεύμα (I) θα είναι:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{6}{10 + 0,001} \approx 0,6A$$

Η έσωτερική πτώση τάσεως θα είναι:

$$r \cdot I = 0,001 \times 0,6 = 0,0006V$$

Άρα η πολική τάση θα είναι:

$$V = E - r \cdot I = 6 - 0,0006 = 5,9994V$$

Είναι φανερό ότι η πολική τάση ( $5,9994V$ ) είναι σχεδόν ίση προς τήν ΗΕΔ της πηγής ( $6V$ ).

Εστω τώρα ότι η αντίσταση (R) γίνεται  $0,5\Omega$ . Τό ρεύμα τότε θα είναι:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{6}{0,5 + 0,001} = \frac{6}{0,501} = 11,976A.$$

Η έσωτερική πτώση τάσεως θα είναι:

$$r \cdot I = 0,001 \times 11,976 = 0,011976 \approx 0,012V.$$

Άρα η πολική τάση θα είναι:

$$V = E - r \cdot I = 6 - 0,012 = 5,88V$$

Άλλά και τά 5,88 V πλησιάζουν αρκετά προς τά 6V τής ΗΕΔ τής πηγής. Δηλαδή ή πηγή (E) στην πρώτη περίπτωση έδινε ρεύμα 0,6A και στή δεύτερη έδωσε ρεύμα σχεδόν 12A. Άλλά και στίς δύο περιπτώσεις ή πολική τής τάση δέν άλλαξε σέ σημαντικό βαθμό. Καί αυτό όφείλεται στό γεγονός ότι ή πηγή και στίς δύο περιπτώσεις είχε μικρή έσωτερική αντίσταση σέ συγκρίση προς τήν έξωτερική αντίσταση του φορτίου.

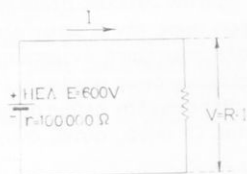
Άπό όσα ανεφέρθησαν ώς τώρα, προκύπτει τό έξής συμπέρασμα: "Όσο μικρότερη είναι ή έσωτερική αντίσταση τής πηγής πού παρέχει ρεύμα σέ μία κατανάλωση, τόσο μικρότερη είναι ή έσωτερική πτώση τάσεως και άρα τόσο σταθερότερη είναι ή πολική τάση τής πηγής, ή όποια και παραμένει σχεδόν ίση προς τήν ΗΕΔ τής. Τό μέγεθος τής έσωτερικής αντίστάσεως κρίνεται πάντοτε σέ σχέση προς τήν τιμή τής αντίστάσεως καταναλώσεως του κυκλώματος, πού τροφοδοτεί ή πηγή.

"Όστε αν μία πηγή έχει πολύ μικρή έσωτερική αντίσταση, σέ συγκρίση προς τήν κατανάλωση (R), μπορεί νά παρέχει ρεύματα μέ διάφορες εντάσεις, χωρίς ή πολική τής τάση, νά μεταβάλλεται σέ σημαντικό βαθμό. Καί αν υπήρχε μία τέλεια πηγή, μέ **έσωτερική αντίσταση μηδέν**, τότε, κατά τήν παροχή ρεύματος προς φορτίο, ή πηγή αυτή δέν θά είχε καθόλου έσωτερική πτώση τάσεως, ή δέ πολική τάση τής θά ήταν έντελώς σταθερή και ίση προς τήν ΗΕΔ τής.

Μία πηγή όμως μέ  $r=0$ , ή όποια ονομάζεται **ιδανική πηγή τάσεως**, στίς πρακτικές εφαρμογές είναι αδύνατο νά υπάρξει. Υπάρχουν όμως πηγές μέ έσωτερική αντίσταση τόσο μικρή ώστε νά κρατούν σχεδόν σταθερή τήν πολική τους τάση για διάφορες εντάσεις ρευμάτων, τά όποια παρέχουν. Στους ύπολογισμούς ή έσωτερική αντίσταση των πηγών αυτών μπορεί νά παραλείπεται ως πολύ μικρή και οι πηγές τότε ονομάζονται **πηγές τάσεως ή στερεές πηγές τάσεως**.

"Όστε **στερεά πηγή τάσεως μπορεί νά θεωρείται κάθε πηγή, ή όποια έχει πολύ μικρή (άμελητέα στην πράξη) έσωτερική αντίσταση και έπομένως κρατεί σταθερή τήν πολική τής τάση, ανεξάρτητη από τήν ένταση του ρεύματος, πού παρέχει.**

"Εστώ τώρα τό κύκλωμα του σχήματος 26.δ.



Σχ. 26.δ.

Σ' αυτό ή πηγή (E) έχει πολύ μεγάλη έσωτερική αντίσταση, σχετικά προς τήν (R) καταναλώσεως. Καί έδώ τό ρεύμα, τό όποιο παρέχει ή πηγή, δίνεται από τό νόμο του "Όμ για πλήρες κύκλωμα:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Εάν όμως ή (r) είναι αρκετά μεγάλη, τότε ή ένταση του ρεύματος (I) θά είναι

σχεδόν σταθερή, άκόμα και όταν η κατανάλωση (R) μεταβάλλεται. Π.χ., εάν  $r = 100000 \Omega$  ή έσωτερική αντίσταση, ή δέ  $R = 500 \Omega$ , ή ένταση του ρεύματος στο προηγούμενο κύκλωμα θά είναι:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{600}{100000 + 500} \approx 0,006 \text{ A} = 6 \text{ mA}$$

Ή πολική τάση της πηγής θά είναι:

$$V = R \cdot I = 0,006 \times 500 = 3 \text{ V}$$

Άν η (R) γίνη 5000  $\Omega$ , ή ένταση του ρεύματος θά είναι:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{600}{100000 + 5000} = 0,0057 \text{ A} = 5,7 \text{ mA}$$

καί ή πολική τάση της πηγής θά είναι:

$$V = R \cdot I = 0,0057 \times 5000 = 28,5 \text{ V}$$

Δηλαδή, ενώ ή τιμή της αντίστασεως (R) δεκαπλασιάσθηκε (άπό 500 έγινε 5000  $\Omega$ ), ή ένταση του ρεύματος μεταβλήθηκε πολύ λίγο (άπό 6 A έγινε 5,7 A). Ή πολική τάση στις δύο περιπτώσεις είναι όμως πολύ διαφορετική (άπό 3V έγινε 28,5 V).

Άπό τό παράδειγμα αυτό εξάγεται τό ακόλουθο συμπέρασμα:

**Όταν μία πηγή έχει μεγάλη έσωτερική αντίσταση (μεγάλη σε σύγκριση προς την τιμή της καταναλώσεως), τό ρεύμα που παρέχει σε διάφορα φορτία είναι σχεδόν σταθερό, ανεξάρτητο άπό την πολική της τάση, ή όποία μπορεί νά μεταβάλλεται μέσα σε μεγάλα περιθώρια.**

Είναι επίσης φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι ή έσωτερική αντίσταση της πηγής, τόσο σταθερώτερο θά είναι τό ρεύμα γιά διαφορετικά φορτία. Καί αν υπήρχε μιά **τέλεια** πηγή, **με έσωτερική αντίσταση άπειρώς μεγάλη**, τό ρεύμα, που θά παρείχε σε όποιαδήποτε κατανάλωση, θά ήταν έντελώς σταθερό. (Τονίζεται πάλι ότι μεγάλη r αναφέρεται πάντοτε σε σχέση προς την R καταναλώσεως).

Πηγή όμως με τόσο μεγάλη έσωτερική αντίσταση, που νά τείνει στο άπειρο, είναι άδύνατο νά υπάρξει. Υπάρχουν όμως πηγές με έσωτερική αντίσταση άρκετά μεγάλη, ώστε νά παρέχουν σταθερό σχεδόν ρεύμα σε ποικίλες καταναλώσεις, ενώ ή πολική τους τάση μεταβάλλεται. Οί πηγές αυτές ονομάζονται **πηγές ρεύματος** ή **στερεές πηγές έντάσεως**.

Όστε πηγή ρεύματος ή στερεά πηγή έντάσεως μπορεί νά θεωρείται κάθε πηγή, που έχει πολύ μεγάλη έσωτερική αντίσταση και έπομένως κρατά σχεδόν σταθερό τό ρεύμα, που παρέχει στις διάφορες καταναλώσεις, ανεξάρτητα άπό τις μεταβολές της πολικής της τάσεως.

Γενικός μία πηγή μπορεί νά θεωρηθεί ως πηγή τάσεως ή πηγή ρεύματος, εάν ή έσωτερική της αντίσταση, συγκρινόμενη πάντοτε προς την αντίσταση της καταναλώσεως, είναι άρκετά μικρή (πηγή τάσεως) ή άρκετά μεγάλη (πηγή ρεύματος).

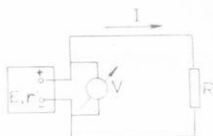
**Πώς είναι δυνατόν νά βρεθεί, όταν χρειασθεί, μία πηγή τάσεως ή ρεύματος:**

Αναφέρθηκε στά προηγούμενα ότι τέλεια (ιδανική) πηγή τάσεως ή ρεύματος δέν μπορεί νά υπάρξει. Μήπως όμως είναι δυνατόν νά εξασφαλισθεί στην πράξη (π.χ.

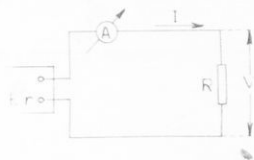
σέ μία έργαστηριακή άσκηση) μία πηγή, πού νά είναι ισοδύναμη πρós στέρεη πηγή τάσεως ή ρεύματος; Πηγές τού είδους αύτú είναι δυνατό νά κατασκευασθúν στό Έργαστήριο μέ τούς ακόλουθους άπλούς τρόπους:

α) **Στέρεη πηγή τάσεως.** Έστω πηγή (E), ή όποία παρέχει ρεύμα (I) στό φορτίον (R). Παράλληλα μέ τήν πηγή τοποθετείται βολτόμετρο (V). Έάν ή πηγή (E) μπορεί νά ρυθμίζεται διαρκώς έτσι ώστε γιά όποιαδήποτε μεταβολή τού φορτίου (R) (δηλαδή, γιά όποιαδήποτε μεταβολή τού ρεύματος I) **νά παρέχει σταθερή τάση (V)**, τήν όποία δείχνει τό βολτόμετρο, τότε ή πηγή αύτή ισοδυναμεί πρós στερεή πηγή τάσεως.

Στό σχήμα 26.ε παριστάνεται κύκλωμα γιά τήν πραγματοποίηση «στέρεης πηγής τάσεως» στό Έργαστήριο. Έ ή πηγή (E, r) παρέχει σταθερή τάση (V) σέ ποικίλα φορτία μέ συνεχή ρύθμιση της.



Σχ. 26.ε.



Σχ. 26.στ.

β) **Στέρεη πηγή έντάσεως.** Έστω πηγή (E), πού παρέχει ρεύμα (I) σέ φορτίο (R).

Στό σχήμα 26.στ παριστάνεται κύκλωμα γιά τήν πραγματοποίηση «στέρεης πηγής έντάσεως» στό Έργαστήριο. Έ ή πηγή (E,r) παρέχει σταθερό ρεύμα (I) πρós ποικίλα φορτία μέ συνεχή ρύθμισή της.

Έν σειρά πρós τό φορτίο τοποθετείται άμπερόμετρο (A). Έάν ή πηγή (E) είναι δυνατό νά ρυθμίζεται διαρκώς, ώστε γιά όποιαδήποτε μεταβολή τού φορτίου (R) (δηλαδή, γιά όποιαδήποτε μεταβολή της τάσεως V) **νά παρέχει σταθερό ρεύμα (I)**, ή ή ή ή όποιο δείχνει τό άμπερόμετρο, τότε ή πηγή αύτή ισοδυναμεί πρós πηγή ρεύματος ή στέρεη πηγή έντάσεως.

**Ίσχύ πού παρέχεται πρós τό φορτίο καί έσωτερική αντίσταση της πηγής.** Στήν άσκηση έξετάζεται μέ ποιόν τρόπο μία στέρεη πηγή, τάσεως ή έντάσεως, μπορεί στήν πράξη νά παρέχει τήν μέγιστη δυνατή ισχύ σέ ένα φορτίο. Τό πρόβλημα είναι: Πόση αντίσταση πρέπει νά παρουσιάζει τό φορτίον, ώστε νά λαμβάνει από τήν πηγή τή μέγιστη δυνατή ισχύ:

Στό σχήμα 26.ζ φαίνεται μία πηγή (E) μέ έσωτερική αντίσταση (r) καί έξωτερική κατανάλωση (φορτίο) (R).

Έάν ή αντίσταση (R) μπορεί νά μεταβάλλεται, άποδεικνύεται ότι γιά κάποια τιμή της έπιτυγχάνεται παροχή μέ μέγιστη ισχύ σ' αύτήν.

Συγκεκριμένα άποδεικνύεται ότι, εάν ή έξωτερική αντίσταση (R) έχει τιμή ίση πρós τήν τιμή της έσωτερικής αντίστάσεως (r) της πηγής, τότε ή ισχύς, τήν όποian παρέχει ή πηγή πρós τήν (R) είναι ή μέγιστη δυνατή.

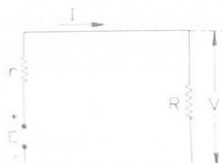
Έστω π.χ. ότι ή πηγή (E) τού προηγούμενου σχήματος έχει ήλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 50 \text{ V}$  καί έσωτερική αντίσταση  $r = 10 \Omega$ . Έάν είναι  $R = 2 \Omega$ , ή όλική αντίσταση τού κυκλώματος θά είναι  $10 + 2 = 12 \Omega$ .

Τό ρεύμα (I), κατά τό νόμο τού Ωμ, θά είναι:

$$I = \frac{E}{R_{\text{ολ}}} = \frac{50}{12} = 4,166\text{A}$$

Άρα η ισχύς του φορτίου στην αντίσταση θά είναι:

$$W = R \cdot I^2 = 2 \times 4,166^2 \approx 34,7\text{W}$$



Σχ. 26.ζ.

Εάν τώρα η (R) λάβει διάφορες τιμές (π.χ. 6, 10, 30, 100 Ω), είναι δυνατόν με τον ίδιο τρόπο ύπολογισμού νά καταρτισθεί ό ακόλουθος πίνακας:

ΗΕΔ E (V)	Εσωτερική άντίσταση (Ω)	Αντίσταση φορτίου R (Ω)	Ένταση ρεύματος I (A)	Ισχύς (W)
50	10	2	4,166	34,7
50	10	6	3,125	58,6
50	10	10	2,5	62,5
50	10	30	1,25	46,8
50	10	100	0,454	20,6

Από τόν πίνακα αυτό φαίνεται ότι, όταν η αντίσταση του φορτίου (R) συμβεί νά γίνει ίση προς τήν έσωτερική αντίσταση τής πηγής (R = r = 10 Ω), επιτυγχάνεται η μέγιστη μεταφορά ισχύος (62,5 W) από τήν πηγή προς τό φορτίο.

Ό κανόνας αυτός έχει εφαρμογή σε κάθε ηλεκτρική διάταξη, στην όποία μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο.

Αυτή η κατάσταση ισότητας: r = R, λέγεται **προσαρμογή ισχύος** ή **προσαρμογή πηγής-καταναλώσεως** καί φανερώνει ότι τότε γίνεται εκμετάλλευση τής μέγιστης δυνατής ισχύος τής πηγής προς τήν κατανάλωση.

Τό ποσό τής μέγιστης αυτής ισχύος γιά τήν κατάσταση προσαρμογής (R = r) δίνεται από τήν σχέση:

$$W_{\text{μεγ}} = \frac{E^2}{4r}$$

Η σχέση αυτή αποδεικνύεται ως εξής:

Όπως είναι γνωστό, η ισχύς, που παρέχεται στην κατανάλωση ( $\bar{W}$ ), είναι:

$$W = R \cdot I^2. \quad (1)$$

Άλλά τό ρεύμα του κυκλώματος, όπως αναφέρθηκε στην αρχή της άσκησης, ισούται μέ:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

καί αν αντικατασταθεί τό ( $I$ ) στην (1) θά προκύψει:

$$W = R \left( \frac{E}{R + r} \right)^2 = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2} \quad (2)$$

Άλλά, όταν η παρεχόμενη ισχύς είναι μέγιστη, ισχύει η ισότητα:

$$R = r$$

Συνεπώς η (2) γίνεται:

$$W_{\text{μεγ.}} = \frac{r \cdot E^2}{(r+r)^2} \quad \text{ή αφού εκτελεσθούν οι πράξεις:}$$

$$W_{\text{μεγ.}} = \frac{E^2}{4r}$$

Η μέγιστη αυτή ισχύς λέγεται και **διαθέσιμη ισχύς**, μέ την έννοια ότι προφανώς είναι η μεγαλύτερη που μπορεί νά διαθέσει μία όρισμένη πηγή μέ δοσμένη έσωτερική αντίσταση.

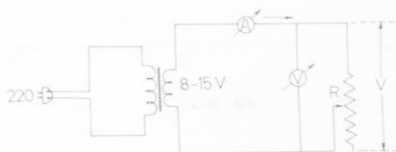
Άπό την σχέση προσαρμογής εξάγεται τό ακόλουθο σημαντικό συμπέρασμα:

**Μία πηγή όρισμένης ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως ( $E$ ) έχει τόσο περισσότερη διαθέσιμη ισχύ, όσον μικρότερη είναι η έσωτερική της αντίσταση.**

Όλα όσα αναφέρθηκαν εφαρμόζονται τόσο σέ πηγές συνεχούς, όσον καί σέ πηγές έναλλασσόμενης τάσεως.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 26.η.



Σχ. 26.θ.

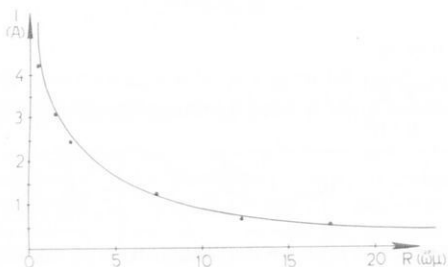
2. Μέ μεταβολή της αντίστασης ( $R$ ), από μέγιστο προς έλάχιστο, νά ληφθούν μετρήσεις γιά 10 τουλάχιστον διαφορετικές τιμές της καί νά συμπληρωθεί ό

παρακάτω πίνακας: (Η R είναι βαθμολογημένη μεταβλητή αντίσταση-ροοστάτης):

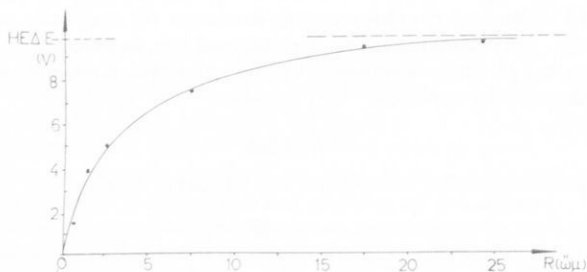
$R$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$V$ (V)	$W$ (W)

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης έρωτησεως νά χαραχθεί ή καμπύλη μεταβολής του ρεύματος ( $I$ ) σέ συνάρτηση μέ τις μεταβολές της αντίστασεως ( $R$ ). Η μορφή της καμπύλης αυτής θά είναι όπως στό σχήμα 26.θ.

4. Επίσης νά χαραχθεί ή καμπύλη των μεταβολών της τάσεως ( $V$ ) στά άκρα της ( $R$ ), όταν ή τιμή της ( $R$ ) μεταβάλλεται. Η μορφή της καμπύλης αυτής θά είναι όπως ή του σχήματος 26.ι.



Σχ. 26.θ.



Σχ. 26.ι.

5. Από τις τιμές της έντάσεως του ρεύματος ( $I$ ) και της τάσεως ( $V$ ) για τις διάφορες τιμές της ( $R$ ), νά υπολογισθεί ή ισχύς στό φορτίο ( $R$ ) από τή σχέση  $W = V \cdot I$  και νά συμπληρωθεί ή τελευταία στήλη του πίνακα της περιπτώσεως 2.

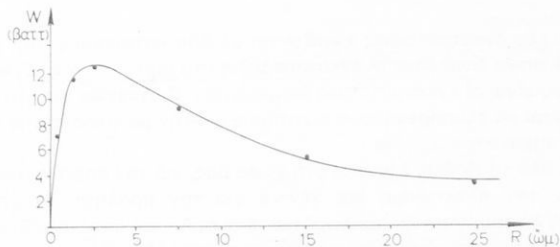
6. Νά χαραχθεί ή καμπύλη των μεταβολών της ισχύος ( $W$ ) σέ συνάρτηση μέ τις



μεταβολές τής ( $R$ ). Η μορφή τής καμπύλης αύτῆς θά εἶναι ὅπως ἡ τοῦ σχήματος 26. ια.

7. Ἀπό τοὺς ὑπολογισμοὺς καί τῆς τελευταίας καμπύλης νά προσδιορισθεῖ ἡ ( $R$ ) προσαρμογῆς.

8. Ποιά εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς;



Σχ. 26.ια.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Εισαγωγή στις επόμενες ασκήσεις:  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΠΛΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις **Έγκαταστάσεις Φωτισμού**, όπως είναι όλες οι εγκαταστάσεις στα σπίτια και τις **Έγκαταστάσεις Κινήσεως**, όπως είναι οι εγκαταστάσεις βιομηχανιών, βιοτεχνιών και γενικά εκείνες που προορίζονται να εξυπηρετήσουν κινητήρες για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια.

Όπως σε όλα τα Κράτη, έτσι και στη χώρα μας, για την ασφάλεια εκείνων που χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό και γενικά για την πρόληψη ατυχημάτων και ανωμαλιών στη λειτουργία των κυκλωμάτων διανομής και καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν νόμοι που ρυθμίζουν τα περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, οι **Κανονισμοί Έλεγκτικών Έγκαταστάσεων** όπως αναφέρονται σε ειδικό Κεφάλαιο της Έλεγκτροτεχνίας.

Οι Κανονισμοί αυτοί συντάσσονται με βάση: α) Τήν ασφάλεια των ανθρώπων και των εγκαταστάσεων. β) Τήν οικονομία κατά την κατασκευή. γ) Τήν εξυπηρέτηση κατά την χρήση. δ) Τήν καλή εμφάνιση.

Στις επόμενες ασκήσεις εξετάζονται τα κυκλώματα συνηθισμένων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από αυτές που εφαρμόζονται στα σπίτια μας.

### ΑΣΚΗΣΗ 27

#### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΛΟΥ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

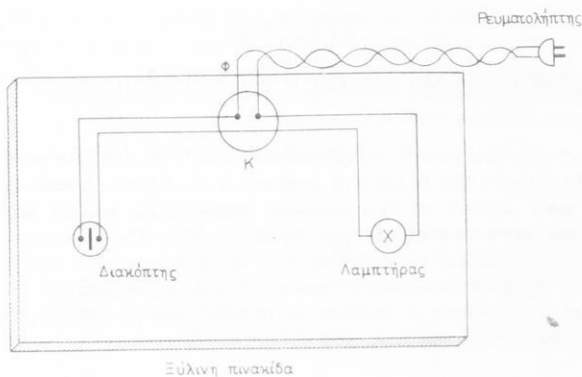
Η συνδεσμολογία ενός λαμπτήρα είναι η πιο απλή. Τα υλικά που χρειάζονται για αυτήν είναι: ένας λαμπτήρας με τη βάση του (τό ντουί) ένας απλός διακόπτης και οι άγωγοί συνδέσεως.

Σε μία μικρή ξύλινη πινακίδα, ο κάθε μαθητής μόνος του μπορεί και πρέπει να κατασκευάσει αυτή τη συνδεσμολογία, την οποία στο τέλος θα συνδέσει στο δίκτυο (σε ένα ρευματοδότη του Έργαστηρίου) και θα δει την λειτουργία της. Για τη συνδεσμολογία στην πινακίδα χρειάζεται ακόμη και ένας ρευματολήπτης. Το κύκλωμα της συνδεσμολογίας φαίνεται στο σχήμα 27.α.

Όταν η συνδεσμολογία αυτή εφαρμόζεται όχι σε πινακίδα, όπως στην άσκηση, αλλά σε μία μόνιμη εγκατάσταση, η εισαγωγή των άγωγων στο σημείο Κ πρέπει να γίνεται με **κιβώτιο διακλαδώσεως** και τό καλώδιο της φάσεως Φ να συνδέεται στο διακόπτη. Οι άγωγοί που εισάγονται στην πινακίδα του σχεδίου σημειώνονται με «Φ» ή φάση και με «Ο» ο ουδέτερος.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ο κάθε μαθητής στην πινακίδα του νά κατασκευάσει τό κύκλωμα ὅπως περιγράφεται στά προηγούμενα καί φαίνεται στό σχήμα 27.α.



Σχ. 27.α.

2. Όταν τελειώσει ή κατασκευή, νά δηλωθεῖ αὐτό στόν καθηγητή. Μετά τόν ἔλεγχο πού θά κάνει ὁ καθηγητής καί τήν ἔγκρισή του, νά θεθεῖ σέ τάση τό κύκλωμα καί νά ἐλεγχθεῖ ἡ λειτουργία του μέ τό διακόπτη.

3. Σχεδιάστε ἕνα κύκλωμα ὅπως τό προηγούμενο, ἀλλά μέ δύο λαμπτήρες πού θά ανάβουν καί θά σβήνουν ἀπό τόν ἴδιο διακόπτη.

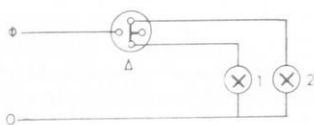
4. Σχεδιάστε ἕνα κύκλωμα πού νά ἔχει, ἐκτός ἀπό τόν λαμπτήρα, καί μιά πρίζα.

5. Ἐξηγήστε μέ λίγα λόγια, γιατί πρέπει ἡ φάση καί ὄχι ὁ οὐδέτερος, νά περνάει ἀπό τό διακόπτη.

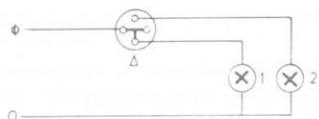
## ΑΣΚΗΣΗ 28

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ (COMMUTATEUR)

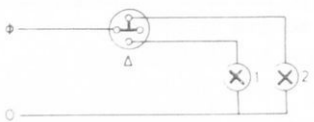
Τήν συνδεσμολογία αυτή τή χρησιμοποιούμε όταν στό ίδιο φωτιστικό σώμα ἔχομε δύο λαμπτήρες πού θέλομε νά ανάβουν ἢ νά σβήνουν ὁ καθένας χωριστά ἢ καί οἱ δύο μαζί. Φυσικά τό ίδιο κύκλωμα ἐφαρμόζεται καί γιά περισσότερους λαμπτήρες, πού εἶναι χωρισμένοι ὁμως σέ δύο ομάδες. Τήν ὀνομασία «κομιτατέρ» (μεταγωγέας) τήν παίρνει τό κύκλωμα ἀπό τό διακόπτη, πού δέν εἶναι μέ δύο ἐπαφές, ὅπως τῆς προηγούμενης ἀσκήσεως, ἀλλά ἔχει τρεῖς ἐπαφές, ἀπό τίς ὁποῖες ἡ μία, ἡ μεσαία, συνδέεται μέ τή φάση καί οἱ ἄλλες δύο μέ τούς λαμπτήρες, ὅπως φαίνεται στό θεωρητικό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.α.



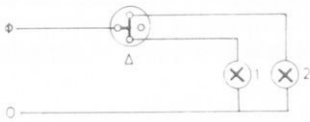
Σχ. 28.α.



Σχ. 28.β.



Σχ. 28.γ.



Σχ. 28.δ.

Ὅπως εἶναι ὁ διακόπτης στό κύκλωμα τοῦ σχήματος αὐτοῦ, κανένας λαμπτήρας δέν ανάβει. Στό σχήμα 28.β. ανάβει ὁ λαμπτήρας 1, στό σχήμα 28.γ ὁ λαμπτήρας 2 καί στό σχήμα 28.δ. ανάβουν καί οἱ δύο λαμπτήρες μαζί.

Ἡ κατασκευή ἑνός τέτοιου κυκλώματος, μετά τήν κατασκευή τῆς προηγούμενης ἀσκήσεως, δέν εἶναι δύσκολη. Χρειάζεται μόνο λίγη προσοχή στή συνδεσμολογία τοῦ διακόπτη. Γι' αὐτό, μέ βάση τά τέσσερα αὐτά κυκλώματα καί μέ ἕνα ὠμόμετρο, καλό θά εἶναι νά ἀναγνωρισθεῖ πρῶτα ὁ διακόπτης σέ ποιές θέσεις του συνδέει καί ἀποσυνδέει καί ἔπειτα νά γίνη ἡ συνδεσμολογία. Ἐκτός ἀπό τό διακόπτη χρειάζονται ἐδῶ δύο λαμπτήρες μέ τίς βάσεις τους, οἱ ἀγωγοί συνδέσεως καί ὁ ρευματολήπτης.

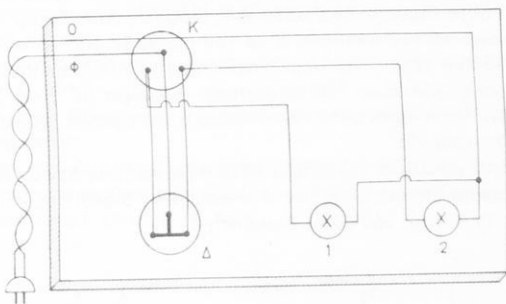
## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Με βάση όσα αναφέρονται στα προηγούμενα και με τη βοήθεια του πρακτικού κυκλώματος του σχ. 28.ε. ο κάθε μαθητής να κατασκευάσει στην πινακίδα του τό κύκλωμα με δύο λαμπτήρες.

2. Όταν τελειώσει ή κατασκευή, να δηλωθεί αυτό στον καθηγητή. Μετά τον έλεγχο πού θα κάνει ο καθηγητής και την έγκρισή του, να τεθεί σε τάση τό κύκλωμα και να ελεγχθεί ή λειτουργία του με τό διακόπτη σε όλες τις θέσεις.

3. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα (θεωρητικό ή πρακτικό) με διακόπτη μεταγωγέας (κομιτατέρ) και τέσσερις λαμπτήρες πού θα ανάβουν ανά δύο και όλοι μαζί.

4. Μπορεί ο διακόπτης μεταγωγέας να δουλέψει σαν άπλός διακόπτης; Έάν ή απάντησή σας είναι ΝΑΙ, σχεδιάστε τό κύκλωμα.



Σχ. 28.ε.

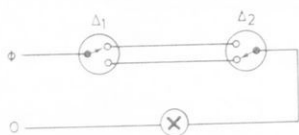
## ΑΣΚΗΣΗ 29

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ (ALLER - RETOUR)

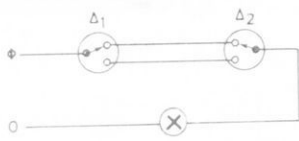
Τήν συνδεσμολογία με διακόπτες επιστροφής την κατασκευάζουμε όταν θέλομε ένας λαμπτήρας νά ανάβει καί νά σβήνει από δύο ή περισσότερα διαφορετικά σημεία. Π.χ. ό λαμπτήρας στην είσοδο μιάς διόροφης οικοδομής πού φωτίζει τήν κλίμακα καί θέλομε νά τόν ανάβομε ή νά τόν σβήνομε από τό κατώφλι ή από τό κεφαλόσκαλο. Γιά ένα τέτοιο κύκλωμα χρειαζόμαστε δύο διακόπτες επιστροφής.

Στό σχήμα 29.α. βλέπομε ένα θεωρητικό κύκλωμα με τούς δύο διακόπτες (άκραιοι) καί τόν λαμπτήρα. Από τό κύκλωμα αυτό εύκολα μπορεί νά καταλάβει κανείς τήν όλη λειτουργία.

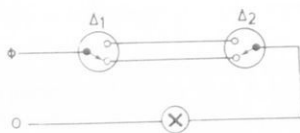
Όπως είναι τό κύκλωμα στό σχήμα 29.α. ό λαμπτήρας δέν ανάβει. Μπορούμε όμως νά τόν ανάβομε με όποιοδήποτε από τούς δύο διακόπτες καί έπειτα νά τόν σβήσομε με τόν ίδιο ή με τόν άλλο διακόπτη.



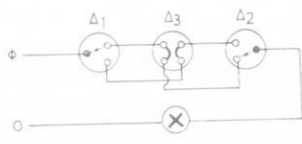
Σχ. 29.α.



Σχ. 29.β.



Σχ. 29.γ.



Σχ. 29.δ.

Οί διαφορετικές αυτές καταστάσεις φαίνονται καί έξηγοούνται στά σχήματα 29.β καί 29.γ.

Στό σχήμα 29.β ό λαμπτήρας ανάβει με τόν διακόπτη Δ2 καί μπορεί νά σβήσει ή με τόν ίδιο ή με τόν Δ1. Στό σχήμα 29.γ. ό λαμπτήρας ανάβει με τόν διακόπτη Δ1 καί μπορεί νά σβήσει με τόν ίδιο ή με τόν Δ2.

Στό κύκλωμα φωτισμού με τούς δύο άκρικούς διακόπτες όπως τό είδαμε μέχρι τώρα, μπορεί νά παρεμβληθοῦν καί ἄλλοι (ένας ἢ περισσότεροι) διακόπτες πού ἐπίσης θά ἐλέγχουν τό κύκλωμα. Αὐτοί λέγονται ἐνδιάμεσοι ἢ μεσαῖοι καί χρησιμοποιοῦνται σέ κλιμακοστάσια οἰκοδομῶν μέ περισσότερους ὀρόφους. Οἱ ἐνδιάμεσοι αὐτοί διακόπτες ἔχουν τέσσερις σταθερές ἐπαφές καί τέσσερις κινητές πού οἱ κινητές ὁμως εἶναι ἀνά δύο βραχυκυκλωμένες.

Στό σχῆμα 29.δ. φαίνεται τό κύκλωμα ἐνός λαμπτήρα πού ἐλέγχεται ἀπό δύο άκρικούς καί ἓνα μεσαῖο διακόπτη Δ3.

Στό σχῆμα αὐτό οἱ διακόπτες ἔχουν τέτοια θέση, ὥστε ὁ λαμπτήρας ἀνάβει καί μπορεί νά σβῆσει καί νά ξανάναψει μέ ὁποιοδήποτε ἀπό τούς τρεῖς διακόπτες.

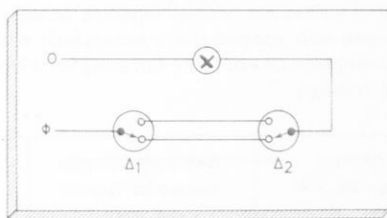
## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ὁ κάθε μισθωτής νά κατασκευάσει στήν πινακίδα του ἓνα κύκλωμα μέ δύο άκρικούς διακόπτες έπιστροφής καί ἓνα λαμπτήρα, ὅπως στό σχῆμα 29.ε.

2. Ὄταν τελειώσει ἡ κατασκευή, νά δηλωθεῖ αὐτό στόν καθηγητή. Μετά τόν έλεγχο πού θά κάνει ὁ καθηγητής καί τήν έγκρισή του, νά τεθεῖ σέ τάση τό κύκλωμα καί νά ἐλεγχθεῖ ἡ λειτουργία του καί ἀπό τούς δύο διακόπτες.

3. Στή θέση πού βρίσκονται οἱ διακόπτες στό σχῆμα 29.ε. ὁ λαμπτήρας εἶναι ἀναμμένος ἢ σβηστός;

4. Σχεδιάστε κυκλώματα μέ λαμπτήρα καί τρεῖς διακόπτες (δύο άκρικούς κι ἓνα μεσαῖο, ὅπως στό προηγούμενο σχέδιο), στά ὁποῖα ὁ λαμπτήρας νά εἶναι σβηστός εἴτε μέ τό διακόπτη Δ1 εἴτε μέ τό Δ3.



Σχ. 29.ε.

## ΑΣΚΗΣΗ 30

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ

Τό μεγαλύτερο μέρος από τό φορτίο μιάς ήλεκτρικής έγκαταστάσεως φωτισμού σέ μιά κατοικία άντιπροσωπεύεται από τή λειτουργία του ήλεκτρικού μαγειρείου (ήλεκτρική κουζίνα). Γι' αυτό ή έγκατάσταση του μαγειρείου άποτελεί ξεχωριστό κύκλωμα σέ όλόκληρη τήν έγκατάσταση του σπιτιού.

Οί ήλεκτρικές κουζίνες πού χρησιμοποιούνται στά σπίτια έχουν ισχύ από 1 KW μέχρι 10 KW και ή τροφοδότσή τους γίνεται από τό γενικό πίνακα τής έγκαταστάσεως μέ ιδιαίτερη γραμμή, πού τή χαρακτηρίζομε **γραμμή μαγειρείου**. 'Η γραμμή αυτή άναχωρεί από τό γενικό πίνακα για νά φθάσει στόν μερικό πίνακα χειρισμού τής κουζίνας, πού δέν πρέπει νά είναι πάνω από τό μαγειρείο, γιατί οί ύδρατμοί καταστρέφουν τή μόνωση των άγωγών. Για τήν κατασκευή τής γραμμής χρησιμοποιείται, σύμφωνα μέ τούς κανονισμούς, χαλυβδοσωλήνας και ειδικοί άγωγοί. Στόν πίνακα πού άκολουθεί φαίνονται οί διατομές των άγωγών πού χρησιμοποιούνται στίς γραμμές μαγειρείου καθώς και οί άπαιτούμενες ασφάλειες. Οί τιμές ισχύουν για μονοφασικές γραμμές πού τροφοδοτούν ήλεκτρικές κουζίνες σπιτιών και όχι μεγάλες κουζίνες έστιατορίων. Οί κουζίνες έστιατορίων είναι μεγάλης ισχύος και χρειάζονται τριφασική παροχή.

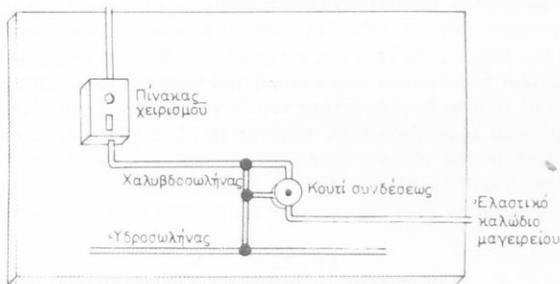
Ίσχύς ήλ/κού μαγειρείου σέ KW	Διατομή άγωγών τροφοδοτήσεως σέ mm <sup>2</sup>	Ίσχύς σέ A
μέχρι 2,5	1,5	10
άπό 2,5 μέχρι 4	2,5	15
» 4 » 6	4	20
» 6 » 7,5	6	25
» 7,5 » 10	10	35

'Η σύνδεση του μαγειρείου μέ τήν γραμμή τροφοδοτήσεως γίνεται μέ έλαστικό καλώδιο στο κουτί συνδέσεως, πού τοποθετείται στόν τοίχο πίσω από τήν κουζίνα και σέ άπόσταση 35 - 40 cm από τό πάτωμα. Τό κουτί συνδέσεως είναι χαλύβδινο, στρογγυλό ή τετράγωνο και έχει προστόμιο από μονωτικό ύλικό για νά προστατεύει τό έλαστικό καλώδιο συνδέσεως του μαγειρείου.



## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά γίνει η έγκατάσταση γραμμής μαγειρείου στην πινακίδα σας, όπως φαίνεται στο σχήμα 30.α.
2. Νά περαστούν οι άγωγοί μέσα στη γραμμή των σωλήνων και νά γίνουν οι συνδέσεις, ώστε νά υπάρχει άρχή και τέλος της γραμμής.
3. Συνδέστε τό ελαστικό καλώδιο του μαγειρείου του Έργαστηρίου στο κουτί συνδέσεως. Νά γίνει έλεγχος της όλης συνδεσμολογίας από τόν καθηγητή και μέ τήν έγκρισή του νά τροφοδοτηθή ή συσκευή από τό δίκτυο της ΔΕΗ.
4. Γιά μία κουζίνα ισχύος 7,5 KW τί διατομής άγωγό θά χρησιμοποιήσομε;



Σχ. 30.α.

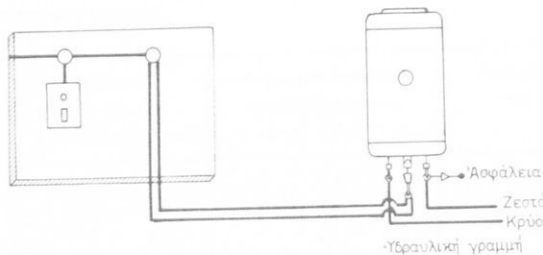
## ΑΣΚΗΣΗ 31

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΑ

Ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, παρόλο που γενικά είναι μικρότερης ισχύος από το ηλεκτρικό μαγειρείο, απαιτεί ξεχωριστή γραμμή. Από το γενικό πίνακα φεύγει ανεξάρτητη γραμμή. Στη γραμμή αυτή υπάρχει διπολικός διακόπτης για να διακόπτεται και τούς δύο πόλους της γραμμής για ασφάλεια. Επίσης υπάρχει και ένδεικτική λυχνία. Η διατομή των άγωγων στη γραμμή του θερμοσίφωνα είναι  $1,5 \text{ mm}^2$  ή  $2,5 \text{ mm}^2$ , ανάλογα με το μέγεθος της ισχύος του. Η γείωση του θερμοσίφωνα γίνεται με χάλκινο άγωγό, που γεφυρώνει τούς σωλήνες του ζεστού και κρύου νερού καθώς και το μεταλλικό μέρος της συσκευής. Ο πίνακας χειρισμού του θερμοσίφωνα πρέπει να είναι όπωσδήποτε έξω από το λουτρό γιατί με τις ειδικές συνθήκες εργασίας που υπάρχουν εκεί δημιουργούνται προβλήματα ασφαλείας.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να γίνει η εγκατάσταση γραμμής θερμοσίφωνα στην πινακίδα σας, όπως φαίνεται στο σχήμα 31α. (Με το νέο κανονισμό επιβάλλεται και τρίτη γραμμή για τη γείωση της συσκευής εσωτερικά. Η γραμμή αυτή δεν φαίνεται στο σχήμα. Η βαλβίδα ασφαλείας τοποθετείται στο σωλήνα με το ζεστό νερό).



Σχ. 31.α.

2. Να περαστούν οι άγωγοί μέσα στη γραμμή των σωλήνων και να γίνουν οι σχετικές συνδέσεις.

3. Συνδέστε το θερμοσίφωνα του Έργαστηρίου στην έξοδο της καλωδίωσης της πινακίδας σας, ζητείστε τόν έλεγχο του καθηγητή σας και με την έγκρισή του τροφοδοτήστε την όλη κατασκευή από το δίκτυο της ΔΕΗ.

4. Ποιά πρέπει να είναι η ισχύς θερμαντικού στοιχείου ενός θερμοσίφωνα για να ζεσταίνει αυτός 80 λίτρα νερού κατά  $50^{\circ}\text{C}$  σε μία ώρα, όταν λειτουργεί με βαθμό απόδοσης 80%. Επίσης ποιά πρέπει να είναι η διατομή των άγωγων συνδέσεως του θερμοσίφωνα και η ασφάλεια αυτών όταν λειτουργεί στο δίκτυο της πόλεως;

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ ΠΗΝΙΟΥ

**Μεταβολή τής αύτεπαγωγικής αντίστασεως μέ τή συχνότητα.**

“Όταν ένας άγωγός διαρρέεται από ρεύμα, στό χώρο, πού τόν περιβάλλει, άναπτύσσεται μαγνητικό πεδίο. Έάν τό ρεύμα στόν άγωγό είναι συνεχές, τό μαγνητικό πεδίο είναι σταθερό. Έάν τό ρεύμα είναι έναλλασσόμενο, τότε καί τό πεδίο είναι έναλλασσόμενο καί οί μεταβολές του άκολουθοϋν τίς μεταβολές του ρεύματος.

Ίσχύει επίσης καί τό αντίστροφο φαινόμενο. Έάν δηλαδή ένας άγωγός βρεθεί στό χώρο ενός μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου, άναπτύσσεται σ’ αυτόν μιά ήλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ), μεταβαλλόμενη στό ρυθμό μεταβολής του μαγνητικού πεδίου, πού τήν προκάλεσε. Τό φαινόμενο αυτό, τής άναπτύξεως δηλαδή ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως σέ ένα άγωγό, όταν αυτός βρίσκεται σέ μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (**ΗΕΔ από έπαγωγή**), όνομάζεται **έπαγωγικό φαινόμενο**.

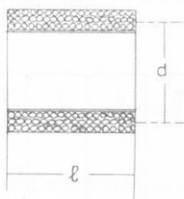
Έάν τώρα ένας άγωγός τυλιχθεί σέ σπειρές, ώστε νά αποτελέσει ένα **πηνίο**, καί έφαρμοσθεί στά άκρα του έναλλασσόμενη τάση, θά κυκλοφορήσει σ’ αυτόν έναλλασσόμενο ρεύμα έντάσεως ( $I$ ) καί ταυτόχρονα θά άναπτυχθεί γύρω του έναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Τό πεδίο αυτό θά επιδρά σέ κάθε άγωγό πού βρίσκεται στόν περιβάλλοντα χώρο. Έπομένως θά επηρεάζει καί τό ίδιο τό πηνίο, πού προκάλεσε τό πεδίο. Δηλαδή θά έμφανίζεται στό πηνίο μιά ήλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) «άπό έπαγωγή», πού τώρα θά είναι **ήλεκτρεγερτική δύναμη από αύτεπαγωγή**, μιά καί θά προκαλείται από τό πεδίο, τό όποιο δημιούργησε τό ίδιο τό πηνίο. Αύτή ή ΗΕΔ από αύτεπαγωγή είναι αντίθετη πρός τήν τάση, πού έφαρμόσθηκε στό πηνίο.

Τό δεύτερο αυτό φαινόμενο, τής επιδράσεως δηλαδή του μαγνητικού πεδίου επάνω στό ίδιο τό πηνίο, πού δημιούργησε τό πεδίο καί τής γενέσεως ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως στό πηνίο, καλείται **αύτεπαγωγικό φαινόμενο**.

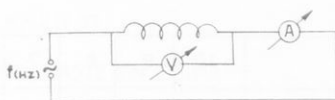
Ή ήλεκτρεγερτική δύναμη από αύτεπαγωγή, πού είναι αντίθετη, όπως άναφέρθηκε πρός τήν τάση τής πηγής πού έφαρμόσθηκε στό πηνίο, περιορίζει τήν ένταση του άρχικού ρεύματος ( $I$ ) του πηνίου, μέ τήν προβολή μιάς αντίστάσεως (άσχετης πρός τήν ώμική του αντίσταση) στήν κυκλοφορία του. Αύτή ή αντίσταση λέγεται **αύτεπαγωγική αντίσταση** καί παρουσιάζεται μόνο στό έναλλασσόμενο ρεύμα. Συμβολίζεται μέ ( $X_L$ ) καί μετρείται σέ  $\omega\mu$ . Ή τιμή τής έξαρτάται από τή συχνότητα του ρεύματος, πού κυκλοφορεί στό κύκλωμα, καί από τά στοιχεία του πηνίου, δηλαδή: **τόν άριθμό τών σπειρών** ( $N$ ), **τό μήκος** ( $l$ ) καί τήν **διάμετρό** του ( $d$ ), δηλαδή

από το **συντελεστή αύτεπαγωγής** του πηνίου. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός πηνίου φαίνονται στο σχήμα 32.α.

Η σχέση:  $X_L = L\omega = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \times 3,14 \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot f \cdot L$  δίνει την αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) σε  $\Omega$  ενός πηνίου, το οποίο έχει συντελεστή αύτεπαγωγής ( $L$ ) σε άνρυ (henry, σύμβολον H), στη συχνότητα ( $f$ ) έκφρασμένη σε hertz (σύμβολον Hz).



Σχ. 32.α.



Σχ. 32.β.

Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι η ( $X_L$ ) είναι ανάλογη προς τη συχνότητα ( $f$ ). Δηλαδή, όσον μεγαλύτερη είναι η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσεως, που εφαρμόζεται στο πηνίο, τόσο η αύτεπαγωγική αντίσταση αυξάνεται.

Η τιμή της ( $X_L$ ) μπορεί να βρεθεί, σε ένα κύκλωμα όπως το επόμενο, από τη σχέση:

$$X_L = \frac{V}{I}$$

έφ' όσον μετρηθούν η διαφορά δυναμικού ( $V$ ) στα άκρα του πηνίου και η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα αυτό (η ωμική αντίσταση του πηνίου πρέπει να είναι πολύ μικρή σε σύγκριση προς την αύτεπαγωγική αντίστασή του.) (σχ. 32.β).

Η αύτεπαγωγή ( $L$ ) ενός πηνίου (σε άνρυ) υπολογίζεται από την αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ ), αν αυτή λυθεί ως προς ( $L$ ). Δηλαδή:

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$$

και έφ' όσον είναι γνωστά τά ( $X_L$ ) και ( $f$ ).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί το προηγούμενο κύκλωμα. Το πηνίο νά τροφοδοτηθεί από ταλαντωτή μεταβαλλόμενης συχνότητας. Ο ταλαντωτής αυτός είναι μία ηλεκτρονική συσκευή, που παρέχει εναλλασσόμενη τάση μεταβλητής συχνότητας, της περιοχής των χαμηλών συχνοτήτων. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει συχνότητες από 20 Hz ως και 20000 Hz.

2. Νά ρυθμισθεί ο ταλαντωτής, ώστε νά παρέχει τη συχνότητα των 10 kHz και νά μετρηθεί η τάση έξόδου του ( $V$ ), η οποία εφαρμόζεται στα άκρα του πηνίου καθώς και η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα.

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθεί η αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) του πηνίου για τη συχνότητα των 10 kHz.

4. Με γνωστά τη συχνότητα ( $f$ ) και την αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) να υπολογισθεί η αύτεπαγωγή ( $L$ ) του πηνίου.

5. Στο ίδιο κύκλωμα να ρυθμισθεί ο ταλαντωτής, ώστε να παρέχει τη συχνότητα των 9 kHz και να ληφθούν ξανά μετρήσεις των ( $V$ ) και ( $I$ ). Από αυτές να υπολογισθεί πάλι η ( $X_L$ ).

6. Οι ίδιες μετρήσεις και υπολογισμοί να επαναληφθούν για τις συχνότητες 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 και 1 kHz. Τα αποτελέσματα να γραφούν στον παρακάτω πίνακα.

f (kHz)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
V (βόλτ)										
I (mA)										
$X_L = \frac{V}{I}$ ( $\Omega$ )										

7. Ποιά ή επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην αύτεπαγωγική αντίσταση του πηνίου;

8. Να υπολογισθεί η αύτεπαγωγή ( $L$ ) του πηνίου και για τις συχνότητες 5 kHz και 1 kHz. Ποιά ή επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην αύτεπαγωγή του πηνίου;

9. Ποιά ή περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων, πού καλύπτει ο ταλαντωτής της άσκησης;

### ΑΣΚΗΣΗ 33

#### ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Μιά ωμική αντίσταση περιορίζει την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα, στο οποίο είναι συνδεδεμένη. Τό φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Μιά αύτεπαγωγή (ένα πηνίο), όταν συνδεθεί σε κύκλωμα, πού τροφοδοτείται από πηγή συνεχούς τάσεως, παρουσιάζει μία μικρή αντίσταση, πού είναι ή ωμική αντίσταση του σύρματος, μέ τό οποίο είναι κατασκευασμένο τό πηνίο. "Αν όμως τό ίδιο πηνίο τροφοδοτηθεί μέ εναλλασσόμενη τάση, παρουσιάζει τότε πολύ μεγαλύτερη αντίσταση, από εκείνη πού παρουσίαζε όταν ή τάση ήταν συνεχής.

Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως και στην προηγούμενη άσκηση αναπτύχθηκε στο εναλλασσόμενο ρεύμα εμφανίζεται στο πηνίο μία ηλεκτρεγερτική δύναμη από αύτεπαγωγή, ή οποία έχει την ιδιότητα να αντίκειται σε οποιαδήποτε μεταβολή του ρεύματος, πού τό διαρρέει. Αυτή ή αντίθεση στις μεταβολές του ρεύματος είναι ή βασική και κύρια ιδιότητα ενός πηνίου και χαρακτηρίζει την αύτεπαγωγή του.

Μονάδα μετρήσεως της αύτεπαγωγής είναι τό άντρυ (henry, σύμβολον Η), πού έχει υποπολλαπλάσια τό mH (μιλλιάντρυ χιλιοστό του Η) και τό μΗ (μικροάντρυ, εκατομμυριοστό του Η).

"Όλα τά πηνία στο εναλλασσόμενο ρεύμα, εκτός από την ωμική αντίσταση του σύρματος (πού μπορεί να μετρηθεί μέ ωμόμετρο), παρουσιάζουν και **αύτεπαγωγική αντίσταση**. 'Η αύτεπαγωγική αντίσταση εμφανίζεται μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα, μετρείται σε ωμ, συμβολίζεται μέ ( $X_L$ ) και δίνεται από τή σχέση:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

όπου: ( $\pi$ ) είναι μία σταθερή ίση μέ 3,14, ( $f$ ) είναι ή συχνότητα της πηγής σε Hz, και ( $L$ ) είναι ή αύτεπαγωγή του πηνίου σε Η.

'Η προηγούμενη σχέση της αύτεπαγωγικής αντίστάσεως δείχνει ότι:

α) Γιά τό συνεχές ρεύμα, όπου  $f = 0$ , ή αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) ενός πηνίου είναι μηδέν. Δηλαδή, τό πηνίο σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρουσιάζει μόνο την ωμική αντίσταση ( $R$ ) του σύρματος, από τό οποίο είναι κατασκευασμένο.

β) Γιά τό εναλλασσόμενο ρεύμα, ή αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) ενός πηνίου γίνεται μεγαλύτερη, όταν ή συχνότητα ( $f$ ) αύξάνεται. Τό φαινόμενο της αύξησης της ( $X_L$ ) μέ τή συχνότητα ( $f$ ) εξετάσθηκε στην προηγούμενη άσκηση.

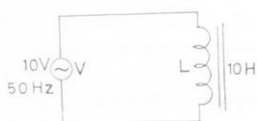
Ο νόμος του Ωμ ισχύει επίσης στά κυκλώματα με αὐτεπαγωγική αντίσταση και εκφράζεται στην περίπτωση αὐτή από τή σχέση:

$$I = \frac{V}{X_L}$$

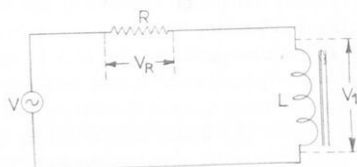
Ἡ αὐτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) δέν μπορεί νά μετρηθεῖ μέ ὠμόμετρο (μιά μέθοδος μετρήσεως τῆς ἐξετάσθηκε στήν προηγούμενη ἀσκηση).

Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 33.α ὡς παράδειγμα, ἕνα πηνίο αὐτεπαγωγῆς  $L = 10 \text{ H}$  τροφοδοτεῖται ἀπό πηγὴ ἑναλλασσόμενης τάσεως  $10 \text{ V}$ , συχνότητος  $50 \text{ Hz}$ . Τό ρεύμα πού κυκλοφορεῖ στό κύκλωμα, ὑπολογίζεται ὡς ἐξῆς:

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{10}{6,28 \times 50 \times 10} = 3,18 \text{ mA}$$



Σχ. 33.α.



Σχ. 33.β.

Ἐάν τώρα σέ σειρά πρὸς τό πηνίο συνδεθεῖ μιά ὠμική ἀντίσταση, ὅπως φαίνεται στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 33.β, τό ρεύμα θά εἶναι ὅποσδήποτε μικρότερο ἀπό  $3,18 \text{ mA}$ .

Στό κύκλωμα αὐτό ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$I = \frac{V}{Z}$$

ὅπου ( $Z$ ) εἶναι ἡ **σύνθετη ἀντίσταση**, δηλαδή ἡ ἀντίσταση, πού παρουσιάζεται στό κύκλωμα, ὅταν αὐτό ἔχει σέ σειρά τίς ἀντιστάσεις ( $R$ ), ὠμική, καί ( $X_L$ ), αὐτεπαγωγική.

Ἡ σύνθετη ἀντίσταση ( $Z$ ) δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

πού δηλώνει ὅτι οἱ ἀντιστάσεις ( $R$ ) καί ( $X_L$ ) **δέν προσθέτονται ἀριθμητικά ἀλλά γεωμετρικά**.

Τό διάγραμμα τοῦ σχήματος 33.γ δείχνει τόν τρόπο τῆς γεωμετρικῆς προσθέσεως.

Ἐπίσης στό κύκλωμα αὐτό μέ τά στοιχεῖα ( $R$ ) καί ( $X_L$ ) σέ σειρά ἰσχύουν γιά τίς τάσεις τά ἀκόλουθα:

Ἡ τάση ( $V_L$ ) στά ἄκρα τοῦ ( $L$ ) εἶναι:

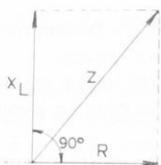
$$V_L = \frac{X_L}{Z} \cdot V$$



Ἡ τάση ( $V_R$ ) στά ἄκρα τῆς ( $R$ ) εἶναι:

$$V_R = \frac{R}{Z} \cdot V$$

Οἱ τάσεις αὐτές (πτώσεις τάσεως στά ἄκρα τῶν  $R$  καί ( $X_L$ ) προσθέτονται ἐπίσης γεωμετρικά, ὅπως φαίνεται στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 33.δ.



Σχ. 33.γ.



Σχ. 33.δ.

Ἐάν εἶναι γνωστή ἡ τάση ( $V_L$ ) στά ἄκρα τοῦ πηνίου ἢ ἡ τάση ( $V$ ) τῆς πηγῆς καί μετρηθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος, μποροῦν νά ὑπολογισθοῦν οἱ ἀντιστάσεις ( $X_L$ ) καί ( $Z$ ) ἀπό τίς ἐξῆς σχέσεις:

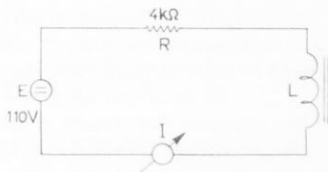
$$X_L = \frac{V_L}{I} \quad \text{καί} \quad Z = \frac{V}{I}$$

Ἐπίσης ἡ αὐτεπαγωγή ἑνός πηνίου μπορεῖ νά βρεθεῖ, ἐφ' ὅσον εἶναι γνωστή ἡ αὐτεπαγωγική του ἀντίσταση ( $X_L$ ), ἀπό τή σχέση:

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} \quad \text{ὅπου } (X_L = \omega L).$$

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 33.ε.. Νά ἐφαρμοσθεῖ συνεχῆς τάση 110 V, νά μετρηθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος σ' αὐτό καί νά ὑπολογισθεῖ ἡ ὅλική του ἀντίσταση.



Σχ. 33.ε.

2. Τό παραπάνω κύκλωμα νά τροφοδοτηθεῖ μέ ἐναλλασσόμενη τάση 110 V καί νά ὑπολογισθεῖ πάλι ἡ ὀλική του ἀντίσταση (σύνθετη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος).

**Προσοχή!** Τό ἀμπερόμετρο στήν περίπτωση 1 εἶναι συνεχoῦς, ἐνῶ στήν 2 εἶναι ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

3. Νά συγκριθοῦν καί σχολιασθοῦν τά ἀποτελέσματα τῶν δύο περιπτώσεων.

4. Στό ἴδιο κύκλωμα, ὅταν τροφοδοτεῖται μέ ἐναλλασσόμενη τάση, νά μετρηθοῦν οἱ τάσεις ( $V_R$ ), στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως (R), καί ( $V_L$ ), στά ἄκρα τοῦ πηνίου.

5. Ἀπό τῆ τάση πού μετρήθηκε ( $V_R$ ) καί τήν τιμή τῆς ἀντιστάσεως (R) νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἔνταση (I) τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα. Τό ἀποτέλεσμα νά συγκριθεῖ μέ τήν προηγούμενη ἔνδειξη τοῦ ἀμπερομέτρου.

6. Νά συνδεσμολογηθεῖ ἡ ἀντίσταση (R), νά μετρηθεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος (I) καί νά ὑπολογισθεῖ ἡ αὐτεπαγωγική ἀντίσταση ( $X_L$ ) τοῦ πηνίου.

7. Νά ἀντικατασταθεῖ τό πηνίο μέ μιά ἀντίσταση (R) ἴση μέ τήν ( $X_L$ ) σέ ὦμ. Νά ληφθοῦν μετρήσεις, ὅπως ὀρίζουν οἱ περιπτώσεις 1 καί 2 καί νά γίνουιν συγκρίσεις καί σχόλια, ὅπως καί στήν περίπτωση 3.

8. Μέ γνωστή τήν ( $X_L$ ) νά ὑπολογισθεῖ ἡ αὐτεπαγωγή (L) τοῦ πηνίου ἀπό τῆ σχέση:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L.$$

## ΑΣΚΗΣΗ 34

### ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΕΠΑΓΩΓΗ

**Ήλεκτρομαγνητική επαγωγή** ονομάζεται τό φαινόμενο τής άναπτύξεως τάσεως σέ ένα κύκλωμα (συνήθως σέ ένα πηνίο κυκλώματος), όταν ή μαγνητική ροή στό κύκλωμα αυτό μεταβάλλεται. Στήν άσκηση 32 άναφέρεται ή θεωρία περί ήλεκτρομαγνητικής επαγωγής καί πρέπει ό μαθητής νά τή μελετήσει έκει.

Άνάπτυξη τάσεως (ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως) από επαγωγή παρουσιάζεται στίς έξης τρεις περιπτώσεις:

1. "Όταν ένας μόνιμος μαγνήτης ή ήλεκτρομαγνήτης κινείται στήν περιοχή ένός σταθερού πηνίου. Στά άκρα του πηνίου έμφανίζεται τότε ΗΕΔ από επαγωγή, ή όποία διαπιστώνεται εύκολα από τήν κυκλοφορία ρεύματος σέ ένα άμπερόμετρο, πού είναι συνδεδεμένο στά άκρα του πηνίου.

2. "Όταν ένα πηνίο κινείται ή περιστρέφεται μέσα σέ περιοχή σταθερού μαγνητικού πεδίου.

3. "Όταν ένα σταθερό (άκίνητο) πηνίο βρεθεί κοντά σέ ένα δεύτερο έπίσης σταθερό πηνίο, πού όμως διαρρέεται από ρεύμα μεταβαλλόμενης έντάσεως.

Ή τελευταία περίπτωση άναφέρεται καί ως **άμοιβαία επαγωγή**, γιατί από τή στιγμή, κατά τήν όποία στό πρώτο πηνίο έμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή, αυτό θά δράσει ως πηγή για τό δεύτερο καί θά τό έπηρεάζει επαγωγικά, όπως τό δεύτερο πηνίο έπηρέασε τό πρώτο.

Ό νόμος του Λέντς (Lenz) ή νόμος τής επαγωγής λέει για τά φαινόμενα αυτά: **Ή φορά του ρεύματος, πού προκαλεί ή από επαγωγή τάση σέ ένα κύκλωμα (έπαγωγικό ρεύμα), είναι τέτοια, ώστε τό μαγνητικό πεδίο, πού παράγεται από τό ρεύμα αυτό, νά άντιτίθεται στή μεταβολή τής μαγνητικής ροής του κυκλώματος.**

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Στά άκρα ένός πηνίου νά συνδεθεί ένα εύαίσθητο μικροαμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος, όπως δείχνει τό σχήμα 34.α. Ένα γαλβανόμετρο μέ τήν ένδειξη μηδέν στό μέσο τής κλίμακας έξυπηρετεί καλύτερα τό πείραμα. Κοντά στό πηνίο νά κινηθεί ένας μόνιμος μαγνήτης κατά τή φορά του ένός ή του άλλου βέλους καί νά παρατηρηθεί ή ένδειξη του όργάνου.

2. Νά έπαναληφθεί ή κίνηση του μαγνήτη, μέ άλλαγμένη όμως πολικότητα (άλλαγή των πόλων του μαγνήτου) καί νά παρατηρηθεί πάλι ή ένδειξη του όργάνου.

3. Τά ζητούμενα στίς δύο προηγούμενες έρωτήσεις νά έπαναληφθούν μέ ταχύτερες όμως κινήσεις του μαγνήτη. Νά παρατηρηθούν οι ένδείξεις του όργάνου

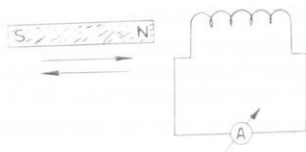
καί νά ἐξαχθοῦν συμπεράσματα τόσο γιά τήν πολικότητα, ὅσο καί γιά τό πλάτος τῆς ἀναπτυσσόμενης κάθε φορά τάσεως ἀπό ἐπαγωγή στό πηνίο.

4. Νά ἐπαναληφθοῦν οἱ μετρήσεις καί τῶν τριῶν προηγουμένων περιπτώσεων μέ πηνίο περισσοτέρων σπειρῶν. Τά ἀποτελέσματα νά συγκριθοῦν μέ ἐκεῖνα τῶν τριῶν προηγουμένων περιπτώσεων καί νά ἐξαχθοῦν συμπεράσματα.

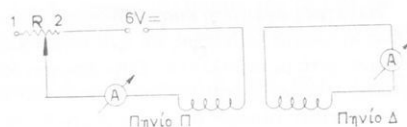
5. Οἱ ἴδιες μετρήσεις νά ἐπαναληφθοῦν, ἀφοῦ προηγούμενα τοποθετηθεῖ σιδηροπυρῆνας στά πηνία. Νά συγκριθοῦν ἐπίσης τά ἀποτελέσματα ὅπως καί στήν προηγούμενη περίπτωση.

6. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 34.β.

Μέ τόν ροοστάτη (R) σέ μιά σταθερή θέση νά σημειωθεῖ ἐάν ὑπάρχει ἔνδειξη ρεύματος στό πηνίο (Δ).



Σχ. 34.α.



Σχ. 34.β.

7. Νά ληφθοῦν, ἔστω καί κατά προσέγγιση, μετρήσεις τῶν ἐνδείξεων τοῦ ὄργάνου στό πηνίο (Δ) γιά ποικίλα ὅρια μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ μεταβαλλόμενου ρεύματος στό πηνίο (Π). Οἱ μεταβολές τοῦ ρεύματος ἐπιτυγχάνονται μέ μεταβολή τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ροοστάτη (R) (κίνηση ἀπό τό 1 πρὸς τό 2), μέ τόν ἴδιο πάντοτε ρυθμό.

8. Ἀκολουθῶς νά παρατηρηθεῖ ἡ βελόνα τοῦ ὄργάνου, ὅταν ἡ κινητὴ ἐπαφὴ τοῦ ροοστάτη κινεῖται μέ μεγάλη ταχύτητα ἀπὸ τό 1 πρὸς τό 2 καί ἀντίστροφα. Νά ἐξηγηθεῖ τό φαινόμενο.

9. Νά ἀλλαγθεῖ ἡ πολικότητα τῆς πηγῆς καί νά ἐπαναληφθεῖ ἡ ἐργασία τῆς προηγούμενης περιπτώσεως. Νά παρατηρηθεῖ καί δικαιολογηθεῖ ἡ ἐπίδραση τῆς ἀλλαγῆς αὐτῆς στίς ἐνδείξεις.

10. Οἱ μετρήσεις τῆς περιπτώσεως 7 νά ἐπαναληφθοῦν μέ τό πηνίο (Δ) σέ μεγαλύτερη ἀπόσταση. Νά δικαιολογηθοῦν οἱ ἐνδείξεις τοῦ ὄργάνου.

11. Ἄν στό πηνίο (Π) ἐφαρμόζονταν ἐναλλασσόμενη τάση, θά ἴσχυε ὁ προηγούμενος τρόπος ἐργασίας; Νά δικαιολογηθεῖ ἡ ἀπάντηση.

12. Στήν περίπτωση 1, ἂν ὁ μαγνήτης παραμείνει ἀκίνητος καί κινεῖται τό πηνίο κοντά του, θά ἐμφανισθεῖ τάση ἀπὸ ἐπαγωγή; Νά ἐξηγηθεῖ θεωρητικά ἡ ἀπάντηση καί σέ συνέχεια νά γίνεи προσπάθεια πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως.

13. Στήν περίπτωση 6, ἂν τό πηνίο (Δ) ἦταν «ἀνοικτό» (δέν ἦταν συνδεδεμένο τό ὄργανο), θά ἐμφανίζονταν τάση ἀπὸ ἐπαγωγή στά ἄκρα του;

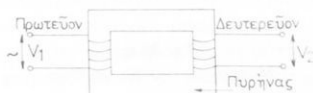
14. Ποιός ὁ νόμος τοῦ Λέντς;

## ΑΣΚΗΣΗ 35

### ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

Οί μετασχηματιστές είναι ηλεκτρικές συσκευές χωρίς περιστρεφόμενα μέρη, πού χρησιμοποιούνται για τόν ύποβιβασμό ή τήν άνυψωση μιās έναλλασσόμενης τάσης. Μέ τόν μετασχηματιστή μπορεί νά άνυψωθεί ή νά ύποβιβασθεί μιá τάση, αντίστοιχα όμως θά ύποβιβάζεται ή θά αύξάνεται ή ένταση τοϋ ρεύματος, πού ό μετασχηματιστής παρέχει έτσι, ώστε τό γινόμενο  $V \cdot I = P$  νά παραμένει σχεδόν σταθερό.

Ένας άπλός μετασχηματιστής άποτελείται από σιδηροπυρήνα, γύρω από τόν όποίο είναι τυλιγμένα σέ μονώσεις, μονωμένα μεταξύ τους και άπό τόν πυρήνα, τουλάχιστο δύο τυλίγματα (πηνία), όπως φαίνονται στό σχήμα 35.α.



Σχ. 35.α.



Σχ. 35.β.

Τό ένα άπό τά δύο τυλίγματα συνδέεται στην πηγή και λέγεται **πρωτεύων τύλιγμα** τό δε άλλο, πού λέγεται **δευτερεύων τύλιγμα**, παρέχει τήν έπιθυμητή τάση για τήν τροφοδότηση ενός συγκεκριμένου φορτίου.

Οί μετασχηματιστές, όπως έχει αναφερθεί, εργάζονται μόνο στό έναλλασσόμενο ρεύμα και ή λειτουργία τους στηρίζεται στό έπαγωγικό φαινόμενο.

Στό συνεχές ρεύμα, όχι μόνο δέν εργάζονται, αλλά άν κατά λάθος συνδεθούν, θά καταστραφούν (θά καούν), γιατί, όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες άσκήσεις, τά τυλίγματά τους (πηνία) παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση στό συνεχές ρεύμα.

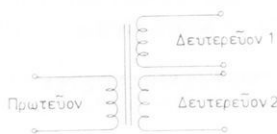
Θεωρητικά οί μετασχηματιστές συμβολίζονται όπως δείχνει τό σχήμα 35.β.

Όταν τά δευτερεύοντα τυλίγματα είναι περισσότερα άπό ένα, συμβολίζονται ώς έξης (σχ. 35.γ):

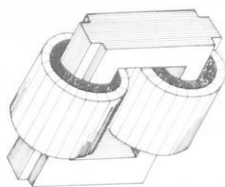
Στήν περίπτωση μετασχηματιστή μέ δύο δευτερεύοντα τυλίγματα, τό δευτερεύον μέ τίς περισσότερες σπειρές (έφ' όσον είναι περισσότερες άπό τίς σπειρές τοϋ πρωτεύοντος) λέγεται και **δευτερεύων ψηλής τάσεως** (Υ.Τ.), τό δε άλλο μέ τίς ολιγότερες λέγεται **δευτερεύων χαμηλής τάσεως** (Χ.Τ.).

Ή πρακτική όψη μικρών μονοφασικών μετασχηματιστών ισχύος φαίνεται στό σχήματα 35.δ και 35.ε.

Όταν μιά τάση εφαρμοσθεί στα άκρα του πρωτεύοντος τυλίγματος, προκαλεί την κυκλοφορία ρεύματος σ' αυτό. Μέ την κυκλοφορία ρεύματος εμφανίζεται γύρω από τό πρωτεύον ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, πού επιδρά στο δευτερεύον ή στα δευτερεύοντα τυλίγματα, στα όποια αναπτύσσεται τάση από έπαγωγή.

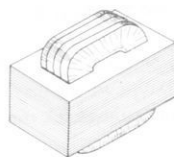


Σχ. 35.γ.



Σχ. 35.δ.

Μετασχηματιστής πλαισίου



Σχ. 35.ε.

Μετασχηματιστής μανδύα.

Η σχέση μεταξύ της τάσεως πού έπάγεται στο δευτερεύον ( $E_2$ ) καί της εφαρμοζόμενης στα άκρα του πρωτεύοντος ( $E_1$ ) εξαρτάται από τόν λόγο τών σπειρών (ή τό λόγο μετασχηματισμού)  $n$  καί είναι:

$$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

όπου ( $N_1$ ) είναι ο αριθμός σπειρών του πρωτεύοντος καί ( $N_2$ ) είναι ο αριθμός σπειρών του δευτερεύοντος τυλίγματος.

Έάν  $n = 1$ , δηλαδή αν είναι ίσος ο αριθμός τών σπειρών στα δύο τυλίγματα, τότε στο πρωτεύον, καί στο δευτερεύον επικρατεί ή ίδια τάση. Μετασχηματιστές μέ λόγο σπειρών 1 δέν είναι συχνοί καί χρησιμοποιούνται άπλώς γιά νά άπομονώνουν ένα κύκλωμα (π.χ. γιά νά άπομονώνουν μία κατανάλωση από άμεση ήλεκτρική έπαφή μέ μιά πηγή).

Έάν  $n > 1$  (δηλαδή  $N_1 > N_2$ ), τό πρωτεύον τύλιγμα έχει περισσότερες σπείρες από τό δευτερεύον καί ο μετασχηματιστής είναι ύποβιβαστής τάσεως.

Έάν τέλος  $n < 1$  (δηλαδή  $N_1 < N_2$ ), ο μετασχηματιστής είναι άνωψωτής τάσεως, έφ' όσον τό δευτερεύον τύλιγμα έχει περισσότερες σπείρες.

Όταν τό δευτερεύον τύλιγμα τροφοδοτεί μέ ρεύμα μιά κατανάλωση, ο λόγος του ρεύματος, πού κυκλοφορεί στο πρωτεύον προς τό ρεύμα του δευτερεύοντος,

είναι αντίστροφως ανάλογος του λόγου των σπειρών και έπομένως και του λόγου των τάσεων. Δηλαδή:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{n}$$

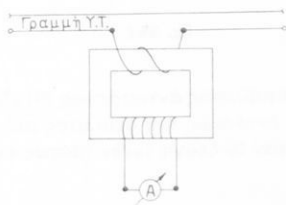
Όταν ό μετασχηματιστής συνδέεται για να «προσαρμόσει» δύο διαφορετικές αντίστάσεις, πράγμα πού συμβαίνει συχνά σε ραδιοτεχνικά κυκλώματα, ισχύει ή σχέση:

$$Z_1 = n_2 \cdot Z_2$$

όπου ( $Z_1$ ) είναι ή σύνθετη αντίσταση της πηγής, πού τροφοδοτεί τό πρωτεύον, και ( $Z_2$ ) ή σύνθετη αντίσταση του φορτίου.

Τά παραπάνω ισχύουν για όλα τά είδη των μετασχηματιστών ισχύος, μονοφασικών και τριφασικών. Οί μικροί μονοφασικοί μετασχηματιστές ισχύος, πού χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε οικιακές ηλεκτρολογικές και ηλεκτρονικές συσκευές, λέγονται και μετασχηματιστές τάσεως. Μετασχηματιστές τάσεως έξ άλλου είναι και οί μετασχηματιστές των δικτύων ψηλών τάσεων της ΔΕΗ, αλλά επειδή αύτοί τροφοδοτούν μεγάλες καταναλώσεις (παρέχουν μεγάλες ισχύεις), λέγονται μετασχηματιστές ισχύος.

Σέ διάφορες ηλεκτρολογικές μετρήσεις της πράξεως, π.χ. στις μετρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, πού ή ΔΕΗ πουλάει σε εργοστάσια τροφοδοτούμενα μέ ψηλή τάση, ύπάρχει ανάγκη ύποβιβασμού της τάσεως κατά ένα τελείως καθορισμένο ποσοστό έτσι, ώστε ή μέτρηση αύτή να μπορεί να γίνεται άκίνδυνα. Για τό σκοπό αύτό χρησιμοποιούνται ειδικής κατασκευής μετασχηματιστές, πού όνομάζονται **μετασχηματιστές τάσεως**.



Σχ. 35.στ.

Έκτός άπό τούς μετασχηματιστές τάσεως για τίς μετρήσεις χρησιμοποιούνται και οί **μετασχηματιστές έντάσεως**. Οί μετασχηματιστές έντάσεως κατασκευάζονται, για να έξυπηρετούν σε συγκεκριμένες μόνο μετρήσεις. Τό πρωτεύον τους έχει λίγες μόνο σπείρες άπό σύρμα μεγάλης διατομής, συνδέεται έν σειρά στό κύκλωμα και διαρρέεται άπό ισχυρά ρεύματα, πού δέν μπορούν να μετρηθούν κατ' εύθειαν. Τό δευτερεύον, μέ περισσότερες σπείρες, ύποβιβάζει την ένταση του ρεύματος και καθιστά εύχερη τή μέτρησή της.

Μετασχηματιστής έντάσεως συνδεμένος σε κύκλωμα γραμμής Υ.Τ. φαίνεται στο σχήμα 35.στ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

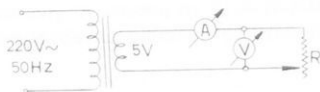
1. Χρησιμοποιώντας ωμόμετρο να προσδιορισθούν τὰ διάφορα τυλίγματα τοῦ μετασχηματιστῆ τῆς ἀσκῆσεως καὶ νὰ σχεδιασθεῖ τὸ θεωρητικὸ σχέδιό του. (Στὴν ἀσκηση χρησιμοποιεῖται μικρὸς μονοφασικὸς μετασχηματιστῆς τάσεως μὲ περισσότερα ἀπὸ ἓνα δευτερεύοντα τυλίγματα).

2. Νὰ ἐφαρμοσθεῖ κατάλληλη τάση στὸ πρωτεύον (π.χ. τάση 220 V τοῦ δικτύου) καὶ νὰ μετρηθοῦν οἱ τάσεις τῶν δευτερευόντων τυλιγμάτων. (Ἐάν ὁ μετασχηματιστῆς ἔχει πολλὰ τυλίγματα καὶ εἶναι δύσκολο νὰ ὀριστεῖ μὲ τὸ ωμόμετρο τὸ πρωτεύον, μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ ἡ ἀκόλουθη ἀπλή μέθοδος γιὰ τὴν εὕρεσή του: Ἐφαρμόζεται μιά μικρὴ ἐναλλασσόμενη τάση, π.χ. 5-6 V, σὲ ἓνα ἀπὸ τὰ μικρὰ (μικρῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως) τυλίγματά του καὶ μετροῦνται οἱ τάσεις τῶν ἄλλων τυλιγμάτων, ὁπότε ἀπὸ τὸ λόγο τῶν τάσεων εὐκόλα διαπιστώνεται ποῖο τύλιγμα εἶναι πρωτεύον.

3. Ἀπὸ τίς μετρήσεις τῶν τάσεων τῆς προηγούμενης περιπτώσεως νὰ ὑπολογισθεῖ ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ τοῦ μετασχηματιστῆ γιὰ κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ δευτερεύοντα τυλίγματα σὲ σχέση πρὸς τὸ πρωτεύον.

4. Ἐάν οἱ σπείρες τοῦ πρωτεύοντος τυλιγματος τοῦ μετασχηματιστῆ τῆς ἀσκῆσεως εἶναι 500, πόσες θὰ εἶναι οἱ σπείρες καθενὸς ἀπὸ τὰ δευτερεύοντα τυλίγματα:

5. Νὰ πραγματοποιηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 35.ζ.



Σχ. 35.ζ.

Γιὰ διάφορες τιμές τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως (R) νὰ ληφθοῦν μετρήσεις τῆς τάσεως στὰ ἄκρα τῆς καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα τοῦ δευτερεύοντος. Νὰ ληφθοῦν τουλάχιστον 10 ζεύγη τιμῶν τάσεως-ἐντάσεως καὶ νὰ γραφοῦν στὸν ἐπόμενο πίνακα:

R (Ω)	V (V)	I (A)	P (W)

6. Ἀπὸ τίς τιμές τάσεως καὶ ἐντάσεως τοῦ πίνακα τῆς προηγούμενης περιπτώσεως νὰ ὑπολογισθεῖ γιὰ κάθε ζεύγος τους, ἡ ἰσχύς στὸ δευτερεύον καὶ νὰ συμπληρωθεῖ ἡ τελευταία στήλη τοῦ προηγούμενου πίνακα. Ποιὰ ἢ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως (R), γιὰ τὴν ὁποία ἐπιτυγχάνεται προσαρμογὴ ἰσχύος; (βλέπε ἀσκηση 20).



7. Νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος στό πρωτεύον τύλιγμα γιά την κατάσταση προσαρμογής του φορτίου καί νά υπολογισθεί ή ισχύς του πρωτεύοντος.
8. Μετασχηματιστής έχει λόγο μετασχηματισμού  $n = 4$  καί τάση πρωτεύοντος  $V_1 = 220 \text{ V}$ . Ποιά ή τάση στό δευτερεύον του;
9. Γιατί ό πυρήνας των μετασχηματιστών αποτελείται από λεπτά μεταλλικά φύλλα;

## ΑΣΚΗΣΗ 36

### ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΕΣ (ΠΗΝΙΑ) ΕΝ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Σε αρκετές περιπτώσεις παρίσταται ανάγκη συνδέσεως δύο ή περισσότερων πηνίων σε σειρά ή παράλληλα μεταξύ τους, ώστε να αποτελέσουν μία αύτεπαγωγή επιθυμητής τιμής σε ένα κύκλωμα.

Ἡ ὀλική αύτεπαγωγή ( $L$ ) δύο ή περισσότερων πηνίων, τὰ ὁποῖα ἔχουν συνδεθεῖ σε σειρά, καί ἐφ' ὅσον δέν ὑπάρχει σύζευξη μεταξύ τους, δέν ἔχουν δηλαδή καμιά μαγνητική ἐπίδραση τό ἕνα πρὸς τό ἄλλο, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Ἄν τὰ πηνία συνδεθοῦν παράλληλα (χωρίς καί πάλι νά ἐπιδρᾷ μαγνητικά τό ἕνα στό ἄλλο), ἡ ὀλική αύτεπαγωγή τους δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

Ὄταν τὰ παράλληλα συνδεμένα πηνία εἶναι μόνο δύο, ἡ προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Ἀπό τὰ παραπάνω φαίνεται ὅτι κατὰ τή σύνδεση αύτεπαγωγῶν σε σειρά ἢ παράλληλα ἰσχύουν τὰ ἴδια ὅπως καί σε παρόμοιες συνδέσεις ἀντιστάσεων, μέ τήν προϋπόθεση πάντοτε ὅτι μεταξύ τῶν συνδεομένων πηνίων δέν ὑπάρχει καμιά ἐπαγωγική σύζευξη. Ὅπως ἀναφέρθηκε καί στίς ἀσκήσεις 32 καί 33 (Αύτεπαγωγή πηνίου καί πηνίο καί ἀντίσταση σε σειρά):

α) Ἡ αύτεπαγωγική ἀντίσταση ( $X_L$ ) δίνεται ἀπό τίς σχέσεις:

$$X_L = \frac{V}{I} \quad \text{καί} \quad X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

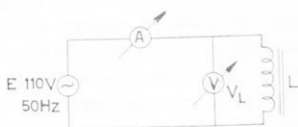
β) Ἡ αύτεπαγωγή (L) ενός πηνίου δίνεται από τήν σχέση:

$$L = \frac{X_L}{2 \pi \cdot f}$$

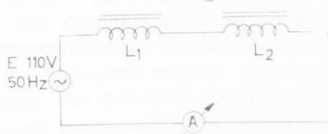
(L σε άνρú, f σε Hz καί  $X_L$  σε  $\omega\mu$ ).

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 36.α.
2. Ἀπό τίς τιμές τῆς τάσεως ( $V_L$ ) στά ἄκρα τοῦ πηνίου καί τῆς έντάσεως (I) τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα, νά ὑπολογισθεῖ ἡ αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) καί ἀκόλουθα νά ὑπολογισθεῖ ἡ αύτεπαγωγή (L) τοῦ πηνίου.
3. Ἡ ἴδια ἔργασία νά ἐπαναληφθεῖ καί γιά δεῦτερο πηνίο, πού δίνεται στήν άσκηση αὐτή.
4. Ἀπό τίς τιμές τῶν αύτεπαγῶν τῶν δύο πηνίων ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ), πού βρέθηκαν στίς προηγούμενες περιπτώσεις, νά ὑπολογισθεῖ ἡ ὀλική αύτεπαγωγή (L), όταν τά δύο πηνία ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ) θεωρηθοῦν συνδεμένα σε σειρά.



Σχ. 36.α.



Σχ. 36.β.

5. Νά συνδεσμολογηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 36.β μέ τά πηνία ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ) συνδεμένα σε σειρά. Για νά μή ὑπάρχει ἐπαγωγική σύζευξη μεταξύ τῶν πηνίων, ἄς τοποθετηθοῦν αὐτά σε κάποια ἀπόσταση μεταξύ τους (π.χ. γύρω στά 20 cm) καί ἔτσι, ὥστε οἱ ἄξονές τους νά εἶναι κάθετοι.

6. Ἀπό τίς τιμές τῆς τάσεως καί τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος νά ὑπολογισθεῖ ἡ ὀλική αύτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) τῶν δύο σε σειρά πηνίων καί ἀκόλουθως ἡ ὀλική αύτεπαγωγή τους (L), ἐφ' ὅσον εἶναι γνωστή καί ἡ συχνότητα. Ἡ τιμή πού βρέθηκε τῆς ὀλικῆς αύτεπαγωγῆς νά συγκριθεῖ μέ ἐκείνη, πού ἔδωσαν οἱ ὑπολογισμοί τῆς περιπτώσεως 4.



Σχ. 36.γ.

7. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 36.γ, μέ τά δύο πηνία ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ) συνδεμένα παράλληλα.

Τά πηνία τοποθετοῦνται καί πάλι ἔτσι, ὥστε νά μή ἐπιδρα ἐπαγωγικά τό ἓνα στό ἄλλο.

8. Ἀπό τίς τιμές τῆς τάσεως στά ἄκρα τῶν πηνίων καί τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος στό κύκλωμα νά ὑπολογισθοῦν ἡ ὅλική αύτεπαγωγική ἀντίσταση τῶν δύο ἐν παραλλήλῳ πηνίων καί ἀκολούθως ἡ ὅλική αύτεπαγωγή τοῦ κυκλώματος.

9. Ἀπό τίς τιμές τῶν αύτεπαγωγῶν ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ), πού βρέθηκαν στίς περιπτώσεις 2 καί 3 νά ὑπολογισθεῖ ἡ ὅλική αύτεπαγωγή τους ( $L$ ), ὅταν τά πηνία ( $L_1$ ) καί ( $L_2$ ) θεωρηθοῦν ὅτι συνδέονται παράλληλα. Νά συγκριθεῖ ἡ τιμὴ αὐτὴ μέ τὴν τιμὴ πού βρέθηκε στήν περίπτωση 8.

## ΑΣΚΗΣΗ 37

### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΥΚΝΩΤΗ

**Μεταβολή της χωρητικής αντίστασως με τή συχνότητα.**

“Ένας **πυκνωτής**, στην απλούστερη μορφή, αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες σε μικρή μεταξύ τους απόσταση, πού χωρίζονται από μονωτικό ύλικό. Οί μεταλλικές πλάκες λέγονται **όπλισμοί**, τό δέ μονωτικό ύλικό λέγεται **διηλεκτρικό**. Τά μονωτικά ύλικά, πού χρησιμοποιούνται ως διηλεκτρικά είναι: χαρτί μίκα, διάφορα κεραμικά καί συνθετικά ύλικά, λάδι, ό άέρας καί σε μερικές περιπτώσεις ένα λεπτό μονωτικό στρώμα όξειδίου του μετάλλου, πού χρησιμοποιείται ως όπλισμός.

Κάθε πυκνωτής χαρακτηρίζεται από τή χωρητικότητά του, δηλαδή τήν ικανότητά του νά συγκρατεί στους όπλισμούς του ήλεκτρικά φορτία. Τό μέγεθος τής χωρητικότητας καθορίζεται από τίς διαστάσεις των όπλισμών, από τή μεταξύ τους απόσταση καί από τό είδος του διηλεκτρικού του πυκνωτή. Γιά πυκνωτή με δύο επίπεδους όπλισμούς, ή χωρητικότητα δίνεται από τή σχέση:

$$C = 0,884 \cdot \frac{K \cdot S}{l} \text{ εἰς } \mu\text{F},$$

όπου: (K) μιά σταθερή, πού εξαρτάται από τό ύλικό του διηλεκτρικού (διηλεκτρική σταθερή). Γιά τόν άέρα δεχόμαστε ότι  $K = 1$  (S) ή επιφάνεια ενός όπλισμού, σε τετραγωνικά έκατοστά ( $\text{cm}^2$ ) . (l) ή απόσταση μεταξύ των όπλισμών, σε χιλιοστά (mm).

Τό 0,884 είναι ένας συντελεστής εξαρτώμενος από τίς μονάδες, ώστε ή τιμή τής χωρητικότητας νά βρίσκεται σε  $\mu\text{F}$ .

Μονάδα χωρητικότητας είναι τό Farad (φαράντ, σύμβολο F). “Ένα φαράντ (F) είναι χωρητικότητα τόσο μεγάλη, ώστε δέν συναντάται στην πράξη. Στίς εφαρμογές χρησιμοποιούνται τά υποπολλαπλάσια του φαράντ, τά όποια είναι:

α) Τό  $\mu\text{F}$  (μικροφαράντ) = 1 έκατομμυριοστό του φαράντ.

Δηλαδή:

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{ή } 1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F}$$

β) Τό  $\mu\text{mF}$  ή pF (μικρομικροφαράντ ή πικοφαράντ) = 1 έκατομμυριοστό του  $\mu\text{F}$ .

Δηλαδή:

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \mu\text{F} = \frac{1}{10^{12}} \text{F} = 10^{-12} \text{F}$$

$$\eta \ 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \mu\text{F} \ \eta \ 1 \text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \mu\text{F}$$

Ο πυκνωτής δεν επιτρέπει τη διέλευση συνεχούς ρεύματος στο κύκλωμα, στο οποίο είναι συνδεδεμένος. Επιτρέπει όμως τη διέλευση του εναλλασσόμενου ρεύματος, προβάλλοντας σ' αυτό μια αντίσταση, που εξαρτάται από τη συχνότητα του ρεύματος. Η αντίσταση αυτή του πυκνωτή στο εναλλασσόμενο ρεύμα λέγεται **χωρητική αντίσταση**, συμβολίζεται με  $(X_c)$  και μετράται σε  $\Omega$ .

Η χωρητική αντίσταση  $(X_c)$  σε  $\Omega$ , που προβάλλει ένας πυκνωτής χωρητικότητας  $(C)$ , σε F, σε ένα εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας  $(f)$ , σε Hz, δίνεται από τη σχέση:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

Η σχέση αυτή δείχνει ότι η  $(X_c)$  είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας  $(f)$ . Δηλαδή, ο πυκνωτής, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στο πηνίο, προβάλλει μεγάλη αντίσταση στις χαμηλές συχνότητες και μικρή στις ψηλές.

Η τιμή της  $(X_c)$  δίνεται επίσης από τη σχέση:

$$X_c = \frac{V}{I}$$

όταν παρέχονται από όργανα μετρήσεως ή διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος, που τον διαρρέει, όπως φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 37.α.



Σχ. 37.α.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό προηγούμενο κύκλωμα. Ως πηγή νά χρησιμοποιηθεί ταλαντωτής που παρέχει τάση μεταβαλλόμενης συχνότητας (ταλαντωτής χαμηλών συχνοτήτων που παρέχει συχνότητες από 20 Hz ως 20000 Hz, όπως αυτός που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία της άσκησης 32).

2. Νά ρυθμισθεί ο ταλαντωτής στην συχνότητα 1000 Hz και νά μετρηθούν η τάση  $(V)$  στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση  $(I)$  του ρεύματος στο κύκλωμα. (Η τάση εξόδου του ταλαντωτή νά ρυθμιστεί σε επαρκή τιμή, ώστε νά υπάρχει ικανοποιητική απόκλιση στα όργανα).

3. Από τις προηγούμενες μετρήσεις να υπολογισθεί η χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) του πυκνωτή.

4. Από την τιμή της χωρητικής αντίστασης ( $X_C$ ) και της συχνότητας ( $f$ ) να υπολογισθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή.

5. Στο ίδιο κύκλωμα να ρυθμισθεί ο ταλαντωτής στη συχνότητα των 2000 Hz. Να ληφθούν μετρήσεις και να γίνουν υπολογισμοί, όπως προηγούμενα στις περιπτώσεις 2, 3 και 4.

6. Οι ίδιες μετρήσεις και οι ίδιοι υπολογισμοί να επαναληφθούν για τις συχνότητες 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 και 10 kHz. Τα αποτελέσματα να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

$f$ (kHz)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V$ (βόλτ)										
$I$ (μιλιαμπέρ)										
$X_C = \frac{V}{I}$										
( $\omega\mu$ )										

7. Ποιά η επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην χωρητική αντίσταση του πυκνωτή;

8. Να υπολογισθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή και στις συχνότητες 3 kHz, 5 kHz, και 8 kHz, όπως στην περίπτωση 4.

9. Υπάρχει διαφορά μεταξύ της τιμής της χωρητικότητας ( $C$ ) του πυκνωτή που υπολογίσθηκε και της αναγραφόμενης σ' αυτόν; Εάν ναι, πού οφείλεται;

10. Γιατί δεν χρησιμοποιείται πυκνωτής πολύ μικρής χωρητικότητας στην άσκηση;

11. Τι υλικό έχει ως διηλεκτρικό ο πυκνωτής της άσκησης;

### ΑΣΚΗΣΗ 38

#### ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΞΝ ΣΕΙΡΑ

“Όταν ένας πυκνωτής διαρρέεται από ένα αλλασσόμενο ρεύμα, παρουσιάζει μία αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος αυτού, ή όποια ονομάζεται **χωρητική αντίσταση**. Στο συνεχές ρεύμα ο πυκνωτής εμφανίζει αντίσταση τόσο μεγάλη, ώστε διακόπτει το κύκλωμα, στο οποίο συνδέεται.

Μονάδα της χωρητικής αντίστασης είναι το  $\Omega$ . Η χωρητική αντίσταση (όπως και η αυτεπαγωγική) δεν μπορεί να μετρηθεί με  $\omega$ μόμετρο. Μπορεί όμως να υπολογισθεί έμμεσα, όταν μετρηθεί η τάση στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση του ρεύματος, που τον διαρρέει, από τη σχέση: Χωρητική αντίσταση

$$X_c = \frac{V}{I}$$

Μπορεί επίσης να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

όταν είναι γνωστή η χωρητικότητα (C) του πυκνωτή και η συχνότητα (f) της εναλλασσόμενης τάσεως, που εφαρμόζεται στα άκρα του.

Η τελευταία αυτή σχέση λαμβάνει και την εξής μορφή για τον υπολογισμό:

$$(\Omega) \quad X_c = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad (\Omega)$$

όπου η χωρητικότητα (C) εκφράζεται σε  $\mu\text{F}$  και η συχνότητα (f) σε Hz.

Έτσι, αν π.χ. ένας πυκνωτής χωρητικότητας  $C = 0,5 \mu\text{F}$  συνδεθεί σε κύκλωμα τροφοδοτούμενο από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως με συχνότητα 1000 Hz, θα παρουσιάζει χωρητική αντίσταση:

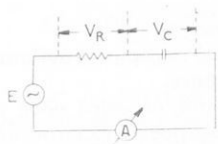
$$X_c = \frac{10^6}{2 \times 3,14 \times 1000 \times 0,5} = \frac{10^6}{3140} = 318,5 \Omega$$

“Όταν σε σειρά προς ένα πυκνωτή συνδεθεί και μία  $\omega$ μική αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα 38.α, και το κύκλωμα τροφοδοτηθεί από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως, θα κυκλοφορήσει σ' αυτό ρεύμα, του οποίου η ένταση θα  $\omega$ ρίζεται από τις τιμές των δύο σε σειρά  $\omega$ μικών αντιστάσεων ( $X_c$ ) και (R).

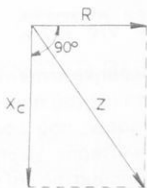


Οι αντιστάσεις ὁμῶς αὐτές, ὅπως καί στήν περίπτωση πηνίου καί αντιστάσεως σέ σειρά (ἄσκηση 29), δέν προσθέτονται ἀριθμητικά, παρά τό γεγονός ὅτι καί οἱ δύο μετροῦνται σέ ὤμ. Προσθέτονται καί αὐτές γεωμετρικά καί τό ἀποτέλεσμα τῆς γεωμετρικῆς προσθέσεως δίνει τή συνολική σύνθετη ἀντίσταση ( $Z$ ) τοῦ κυκλώματος.

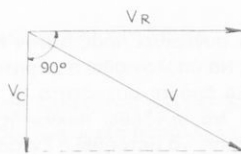
Γεωμετρικά ἐπίσης προσθέτονται καί οἱ τάσεις, πού ἐπικρατοῦν στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως ( $V_R$ ) καί τοῦ πυκνωτῆ ( $V_C$ ) καί τό ἄθροισμα πού παρέχει τή συνολική τάση ( $V$ ), ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ στά ἄκρα τοῦ ὅλου κυκλώματος.



Σχ. 38.α.



Σχ. 38.β.



Σχ. 38.γ.

Τά σχήματα 38.β καί 38.γ δείχνουν τόν τρόπο τῶν γεωμετρικῶν αὐτῶν προσθέσεων.

Γιά τόν ὑπολογισμό τῆς σύνθετης ἀντιστάσεως ( $Z$ ), ὅταν εἶναι γνωστές οἱ ( $R$ ) καί ( $X_C$ ), χρησιμοποιεῖται ἡ σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

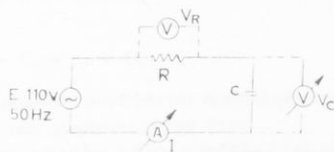
Τό διάγραμμα τῆς γεωμετρικῆς προσθέσεως τῶν ( $X_C$ ) καί ( $R$ ) ἔχει διαφορετικό προσανατολισμό ἀπό τό διάγραμμα προσθέσεως τῶν ( $X_L$ ) καί ( $R$ ). Αὐτό προκύπτει ἀπό τό γεγονός ὅτι στό πηνίο ἡ τάση προπορεύεται ὡς πρός τό ρεῦμα κατά  $90^\circ$ , ἐνῶ στόν πυκνωτή τό ρεῦμα προπορεύεται τῆς τάσεως κατά  $90^\circ$ .

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 38.δ. Νά ἐφαρμοσθεῖ συνεχῆς τάση 50 ὡς 100 V καί νά παρατηρηθεῖ τό ἐν σειρά ἀμπερόμετρο (ὄργανο συνεχοῦς).



Σχ. 38.δ.



Σχ. 38.ε.

2. Νά πραγματοποιηθεῖ κύκλωμα τοῦ σχήματος 38.ε, τό ὁποῖο νά τροφοδοτηθεῖ μέ ἐναλλασσόμενη τάση 110V/50 Hz.

Τό άμπερόμετρο εΐναι τώρα όργανο έναλλασσόμενου καθώσ και τό βολτόμετρο. Νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος στό κύκλωμα και ή τάση στά άκρα τής αντίστασews και του πυκνωτή.

3. Άπό τίς μετρήσεις τής προηγούμενης περιπτώσews νά ύπολογισθεί ή όλική σύνθετη αντίσταση (Z) του κυκλώματος.

4. Άπό τίς τάσεις ( $V_R$ ) και ( $V_C$ ) και από τήν ένταση (I) του ρεύματος στό κύκλωμα νά ύπολογισθεί ή όμική αντίσταση (R) και ή χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ).

5. Άπό τίς τιμές των (R) και ( $X_C$ ) νά ύπολογισθεί πάλι ή σύνθετη αντίσταση (Z) του κυκλώματος από τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

και νά συγκριθεί πρός αύτήν πού βρέθηκε στην περίπτωση 3.

6. Νά ύπολογισθεί ή χωρητικότητα (C) του πυκνωτή από τή χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) και από τή συχνότητα (f) τής τάσews πού έφαρμόσθηκε.

7. Νά συνδεθεί πυκνωτής μεγαλύτερης χωρητικότητας σέ σειρά πρός τήν αντίσταση, νά μετρηθεί ή ένταση του ρεύματος και νά ύπολογισθεί ή όλική σύνθετη αντίσταση (Z) του κυκλώματος.

8. Νά βραχυκυκλωθεί ή αντίσταση (R), νά μετρηθεί ή νέα ένταση του ρεύματος στόν πυκνωτή και νά ύπολογισθεί ή ( $X_C$ ) και ή (C) αυτού.

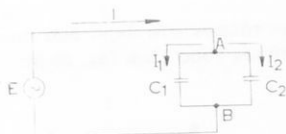
9. Νά συγκριθοϋν τά άποτελέσματα των μετρήσews και ύπολογισμών στας δύο περιπτώσεις μέ τούς διαφορετικούς πυκνωτές.

### ΑΣΚΗΣΗ 39

#### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ (ΠΥΚΝΩΤΕΣ) ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΚΑΙ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Όπως συμβαίνει με τις αντιστάσεις και τα πηνία, παρίσταται πολλές φορές ανάγκη νά συνδεθούν μεταξύ τους δύο ή περισσότεροι πυκνωτές παράλληλα ή σε σειρά ή και κατά μικτή σύνδεση, ώστε νά προκύψει μία συνολική χωρητικότητα επιθυμητής τιμής σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στό σχήμα 39.α δύο πυκνωτές ( $C_1$ ) και ( $C_2$ ) συνδέονται παράλληλα.



Σχ. 39.α.

Στά άκρα τους (σημεία A και B) επικρατεί ή ίδια τάση, πού είναι και ή τάση τής πηγής. Τό όλικό ρεύμα ( $I$ ) του κυκλώματος διακλαδίζεται σε δύο ρεύματα ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) στους δύο πυκνωτές ( $C_1$ ) και ( $C_2$ ). Η πηγή είναι σά νά τροφοδοτεί ένα πυκνωτή μέ χωρητικότητα ισοδύναμη προς τή χωρητικότητα των πυκνωτών πού συνδέονται παράλληλα. Η ισοδύναμη αυτή χωρητικότητα ( $C$ ) δίνεται από τή σχέση:

$$C = C_1 + C_2$$

Όταν πρόκειται γιά περισσότερους πυκνωτές συνδεμένους παράλληλα, ή ισοδύναμη χωρητικότητα θά είναι:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Γενικά, όταν δύο ή περισσότεροι πυκνωτές συνδέονται παράλληλα, ή όλική χωρητικότητα ίσοῦται προς τό άθροισμα των χωρητικότητων τους.

Άν οι δύο πυκνωτές του προηγούμενου παραδείγματος συνδεθούν σε σειρά, ή όλική χωρητικότητα δίνεται από τή σχέση:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Στήν περίπτωση αυτή η όλική χωρητικότητα γίνεται μικρότερη καί από τή μικρότερη χωρητικότητα τών πυκνωτῶν πού εἶναι σέ σειρά.

"Όταν μιά ἐναλλασσόμενη τάση ἐφαρμοσθεῖ στά ἄκρα πυκνωτῶν πού συνδέονται σέ σειρά, οἱ πυκνωτές ἀποτελοῦν τότε ἕνα διαιρέτη τάσεως, πού λειτουργεῖ (μόνο στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα βέβαια) ὅπως οἱ διαιρέτες τάσεως μέ ἀντιστάσεις.

Τό ἄθροισμα τῶν πτώσεων τάσεως στούς πυκνωτές τοῦ κυκλώματος ἰσοῦται τότε πρὸς τήν ὅλική ἐφαρμοζόμενη τάση στά ἄκρα του.

Ἡ πῶση τῆς τάσεως στά ἄκρα ἑνός πυκνωτῆ εἶναι:

$$V_C = X_C \cdot I_C$$

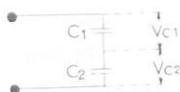
ὅπου: ( $I_C$ ) εἶναι τό ρεῦμα στόν πυκνωτή, πού γιά τή σύνδεση σειρᾶς εἶναι τό ἴδιο σέ ὅλο τό κύκλωμα, καί ( $X_C$ ) εἶναι ἡ χωρητική ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ.

Ἡ χωρητική ἀντίσταση εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη τῆς χωρητικότητας:

$$\left( X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \right)$$

Συνεπῶς ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ χωρητικότητα ἑνός πυκνωτῆ, τόσο μεγαλύτερη θά εἶναι ἡ χωρητική του ἀντίσταση καί ἐπομένως μεγαλύτερη ἡ πῶση τάσεως στά ἄκρα του.

Ἡ σχέση μεταξύ τῶν τάσεων στά ἄκρα δύο πυκνωτῶν, πού συνδέονται σέ σειρά, καί τῶν χωρητικότητῶν τους εἶναι (σχ. 39.β):



Σχ. 39.β.

$$\frac{V_{C1}}{V_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$$

"Αν οἱ πυκνωτές γίνουν τρεῖς καί συνδέονται πάλι σέ σειρά, ἡ παραπάνω σχέση ἐπεκτείνεται:

$$\frac{V_{C1}}{V_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{καί} \quad \frac{V_{C2}}{V_{C3}} = \frac{C_3}{C_2}$$

"Όταν μιά πηγή τροφοδοτεῖ δύο ἢ περισσότερους πυκνωτές σέ σειρά, ἡ σχέση μεταξύ τῆς τάσεως ( $V_C$ ) στά ἄκρα ἑνός ἀπό τοὺς πυκνωτές χωρητικότητας ( $C$ ) καί τῆς τάσεως τῆς πηγῆς ( $V_n$ ) εἶναι:

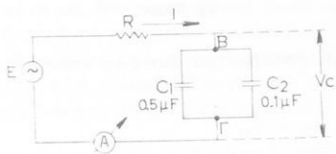
$$\frac{V_C}{V_n} = \frac{C_o}{C}$$

όπου ( $C_0$ ) είναι η ισοδύναμη χωρητικότητα όλων των σε σειρά πυκνωτών.

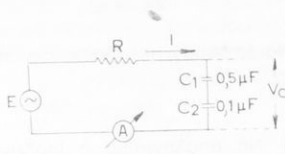
Από τα παραπάνω συνάγεται τό εξής σημαντικό γιά τίς εφαρμογές συμπέρασμα: "Όταν πυκνωτές συνδεθούν σε σειρά, μπορεί στό όλο κύκλωμα νά εφαρμοσθεί τάση ίση πρός τό άθροισμα των τάσεων, πού μπορούσαν νά εφαρμοσθούν σε καθένα πυκνωτή χωριστά.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Στο κύκλωμα του σχήματος 39.γ νά υπολογισθεί ή ισοδύναμη χωρητικότητα (C) των δύο πυκνωτών ( $C_1$  και  $C_2$ ).
2. Νά εφαρμοσθεί τάση έναλλασσόμενη 110 V και νά μετρηθούν: ή τάση ( $V_C$ ) στα σημεία (B) και (Γ) του κυκλώματος και ή ένταση (I) του ρεύματος στό κύκλωμα.
3. Από τίς μετρήσεις τής προηγούμενης περιπτώσεως νά υπολογισθεί ή όλική χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) του συνδυασμού των δύο πυκνωτών.
4. Με γνωστή τήν ( $X_C$ ) και τή συχνότητα  $f = 50 \text{ Hz}$  νά υπολογισθεί πάλι ή ισοδύναμη χωρητικότητα (C) και νά συγκριθεί μέ αυτήν πού βρέθηκε από τόν υπολογισμό τής περιπτώσεως 1.



Σχ. 39.γ.



Σχ. 39.δ.

5. Νά προστεθεί και τρίτος πυκνωτής, χωρητικότητας 0,2 μF, παράλληλα πρός τούς δύο πρώτους και νά επαναληφθούν οι προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμοί.

Τά αποτελέσματα όλων των προηγούμενων μετρήσεων και υπολογισμών νά γραφούν στόν ακόλουθο πίνακα.

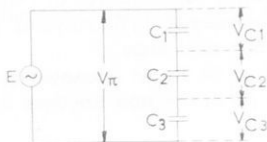
6. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα πυκνωτών σε σειρά του σχήματος 39.δ.

Παράλληλη συνδεσμολογία	$V_C$ (V)	$I_0$ (mA)	$X_C$ ( $\Omega$ )	$C_0$ ( $\mu\text{F}$ ) από υπολογισμό	$C_0$ ( $\mu\text{F}$ ) από μετρήσεις
Δύο πυκνωτές $C_1$ και $C_2$					
Τρεις πυκνωτές $C_1$ , $C_2$ και $C_3$					

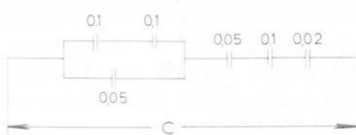
Νά γίνουν σ' αυτό όλες οι μετρήσεις και υπολογισμοί, όπως στό παράλληλο κύκλωμα. Νά προστεθεί ακόμα και τρίτος πυκνωτής σε σειρά και νά επαναληφθούν οι μετρήσεις. Όλα τά αποτελέσματα νά γραφούν στόν επόμενο πίνακα:

Συνδεσμολογία σέ σειρά	$V_C$ (V)	$I_o$ (mA)	$X_C$ ( $\Omega$ )	$C_o$ ( $\mu\text{F}$ ) άπό ύπολογισμό	$C_o$ ( $\mu\text{F}$ ) άπό μετρήσεις
Δύο πυκνωτές $C_1$ καί $C_2$					
Τρεις πυκνωτές $C_1$ , $C_2$ καί $C_3$					

7. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 39.ε, πού μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ καί ὡς διαιρέτης τάσεως.



Σχ. 39.ε.



Σχ. 39.στ.

Νά ληφθοῦν μετρήσεις τῶν τάσεων μέ βολτόμετρο, ὥστε νά ἐπαληθευθεῖ ἡ σχέση:

$$V_n = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3}$$

8. Νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἰσοδύναμη χωρητικότητα ( $C_o$ ) τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 39.στ.

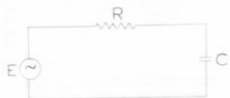
("Όλες οἱ τιμές τῶν πυκνωτῶν δίνονται σέ  $\mu\text{F}$ ).

## ΑΣΚΗΣΗ 40

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΠΗΝΙΟΥ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Μία ωμική αντίσταση παρουσιάζει τὰ ἴδια χαρακτηριστικὰ εἴτε συνδεθεῖ σὲ κύκλωμα συνεχοῦς, εἴτε σὲ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα δὲν ὑπάρχει διαφορὰ φάσεως μεταξύ τῆς τάσεως πού ἐφαρμόζεται καὶ τοῦ ρεύματος, πού κυκλοφορεῖ στὴν ἀντίσταση. Γι' αὐτὸ σὲ ἓνα κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος, τόσο οἱ τάσεις στὰ ἄκρα τῶν ὠμικῶν ἀντιστάσεων, ὅταν αὐτές εἶναι σὲ σειρά, ὅσο καὶ οἱ ὠμικὲς τιμές τῶν ἀντιστάσεων προσθέτονται ἀριθμητικὰ.

Ὅταν ἓνας πυκνωτὴς συνδεθεῖ σὲ σειρά μὲ μίᾳ ἀντίσταση καὶ τὰ δύο στοιχεῖα τροφοδοτηθοῦν ἀπὸ πηγὴ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ὅπως στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 40.α, ἡ σύνθετη ἀντίσταση τῶν δύο στοιχείων (R) καὶ (C), ὅπως μελετήθηκε στὴν ἀσκήση 38 ρυθμίζει τὴ συμπεριφορὰ τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 40.α.



Σχ. 40.β.

Τὸ κύκλωμα περιλαμβάνει πηγή (E) καὶ χωρητικότητα (C)

Ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τιμὴ τῆς χωρητικότητάς του καὶ ἀπὸ τὴ συχνότητα τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα. Ἡ σύνθετη ἀντίσταση (Z) τοῦ κυκλώματος δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

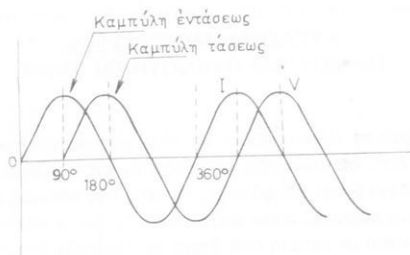
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Σὲ ἓνα κύκλωμα καθαρὰ χωρητικῆς συμπεριφορᾶς (δηλαδή χωρὶς ὠμικὴ ἀντίσταση καὶ μόνο μὲ πυκνωτὴ χωρὶς ἀπώλειες) τὸ ρεῦμα προπορεύεται ἀπὸ τὴν τάση κατὰ  $90^\circ$ . (Παρόμοιο κύκλωμα δὲν συναντᾶται στὴν πράξη, γιατί κάθε πυκνωτὴς παρουσιάζει καὶ μίᾳ ὠμικὴ ἀντίσταση ἢ ἀντίσταση ἀπωλειῶν).

Τὸ κύκλωμα καὶ ἡ προπορεία τοῦ ρεύματος φαίνονται στὰ σχήματα 40.β καὶ 40.γ.

Σέ ένα κύκλωμα πυκνωτή καί αντίστασης σέ σειρά τό ρεύμα προπορεύεται από τήν τάση κατά μία γωνία ( $\Phi$ ) μικρότερη από  $90^\circ$ . Τό διάγραμμα του σχήματος 40.δ δίνει τή φυσική απόκλιση μεταξύ τάσεως καί έντάσεως σέ ένα τέτοιο κύκλωμα.

"Αν σέ σειρά μέ τήν  $\omega$ μική αντίσταση αντί για πυκνωτή συνδεθεί ένα πηνίο καί τροφοδοτηθούν πάλι αυτά τά δύο στοιχεία (R) καί (L) από πηγή  $\acute{\epsilon}$ ναλλασσόμενου ρεύματος, όπως μελετήθηκε στήν άσκηση 33, ή προκύπτουσα ένταση  $\acute{\epsilon}$ ξαρτάται από τή σύνθετη αντίσταση τών δύο στοιχείων (σχ. 40.ε).

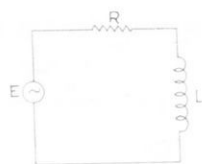


Σχ. 40.γ.

Διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως καί έντάσεως.



Σχ. 40.δ.



Σχ. 40.ε.

Η σύνθετη αντίσταση (Z) του κυκλώματος δίνεται από τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Σέ ένα κύκλωμα μέ καθαρά  $\acute{\alpha}$ υτεπαγωγική συμπεριφορά, δηλαδή μέ πηνίο, πού δέν παρουσιάζει  $\omega$ μική αντίσταση, ή τάση προπορεύεται από τό ρεύμα κατά  $90^\circ$ . (Παρόμοιο κύκλωμα δέν συναντάται στήν πράξη, γιατί κάθε πηνίο παρουσιάζει καί μία  $\omega$ μική αντίσταση του σύρματος, από τό όποιο είναι κατασκευασμένο).

Τό κύκλωμα καί ή προπορεία τής τάσεως σ' αυτό φαίνονται στα σχήματα 40.στ, 40.ζ.

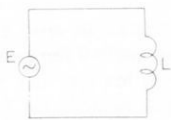
Σέ όποιοδήποτε κύκλωμα πηνίου καί αντίστασης σέ σειρά τό ρεύμα ακολουθεί τήν τάση κατά μία γωνία μικρότερη από  $90^\circ$ .

Τό διάγραμμα του σχήματος 40.η δίνει τή φασική απόκλιση μεταξύ τάσεως καί έντάσεως σέ κύκλωμα  $\acute{\alpha}$ υτεπαγωγής συμπεριφοράς.



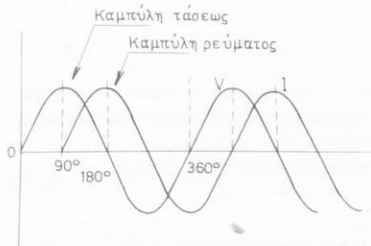
Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι η συμπεριφορά μιάς αύτεπαγωγής είναι αντίθετη προς τη συμπεριφορά μιάς χωρητικότητας. Αυτή η αντίθετη συμπεριφορά εξηγείται καλύτερα με τα σχήματα 40.θ και 40.ι, τα όποια παριστάνουν τό διανυσματικό διάγραμμα των αντιστάσεων ενός κυκλώματος, πού περιλαμβάνει μιά ωμική αντίσταση, ένα πηνίο και ένα πυκνωτή, όλα συνδεομολογημένα σε σειρά.

Τό αποτέλεσμα τής δράσεως ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) (αύτεπαγωγικής και χωρητικής αντίστασεως) στο παραπάνω διάγραμμα, άφου ή ( $X_L$ ) έτυχε νά έχει μεγαλύτερη τιμή, είναι σά νά δρᾶ στό κύκλωμα μιά ( $X_L$ ) ίση μέ τή διαφορά  $X_L - X_C$ .



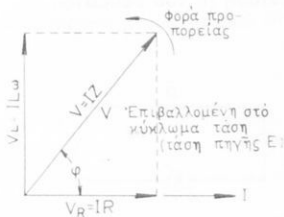
Σχ. 40.στ.

Κύκλωμα μέ πηγή (E) και καθαρή αύτεπαγωγή (L)

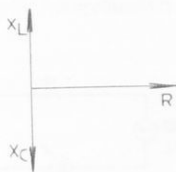


Σχ. 40.ζ.

Διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και έντάσεως



Σχ. 40.η.



Σχ. 40.θ.

Διανυσματικό διάγραμμα των αντιστάσεων κυκλώματος RLC.

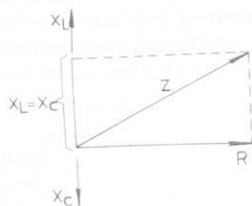
Τό ίδιο βέβαια ισχύει και όταν ή ( $X_C$ ) έχει μεγαλύτερη τιμή από τήν ( $X_L$ ), μέ τή μόνη διαφορά ότι στήν περίπτωση αυτή τό αποτέλεσμα, δηλαδή ή σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος, θά είναι από τό κάτω μέρος του διανύσματος τής ( $R$ ), όποτε θά είναι σά νά δρᾶ στό κύκλωμα μιά ( $X_C$ ) ίση μέ τήν διαφορά  $X_C - X_L$ .

Η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) ενός κυκλώματος μέ ( $R$ ), ( $L$ ) και ( $C$ ) βρίσκεται θεωρητικά από τή σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \eta \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

Έπειδή η διαφορά  $(X_L - X_C)^2$  είναι στο τετράγωνο, η σχέση αυτή ισχύει τόσο για  $X_L > X_C$  όσο και για  $X_C > X_L$ .

Επίσης ισχύει και για  $X_L = X_C$ .



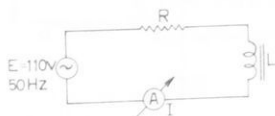
Σχ. 40.ι.

Γραφικός προσδιορισμός της σύνθετης αντίστασης εις κύκλωμα RLC ( $X_L > X_C$ ).

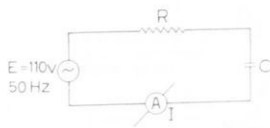
## ΕΡΓΑΣΙΑ

- Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 40.ια, μέ στοιχεία (R) και (L).  
Νά μετρήθουν σ' αυτό: ή τάση ( $V_R$ ) στά άκρα της (R), ή τάση ( $V_L$ ) στά άκρα του πηγίου (L), ή τάση της πηγής (E) καθώς και ή ένταση (I) του ρεύματος στό κύκλωμα.
- Επίσης νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 40.ιβ και νά μετρηθουν σ' αυτό:

Οι τάσεις (E), ( $V_R$ ) και ( $V_C$ ), καθώς και ή ένταση (I) του ρεύματος.



Σχ. 40.ια.



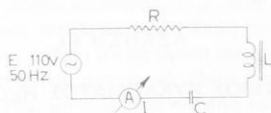
Σχ. 40.ιβ.

Οι ένδειξεις των μετρήσεων νά γραφούν στις σχετικές στήλες του επόμενου πίνακα:

Κύκλωμα	E (V)	$V_R$ (V)	$V_L$ (V)	$V_C$ (V)	I (A)	$X_L$ (Ω)	$X_C$ (Ω)
RC							
RL							

3. Από τις τιμές τάσεων και εντάσεων να υπολογισθούν για κάθε περίπτωση οι τιμές των αντιστάσεων ( $X_L$ ), ( $X_C$ ) και ( $Z$ ) και να γραφούν στις σχετικές στήλες του προηγούμενου πίνακα.

4. Να πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 40.ιγ και να ληφθούν μετρήσεις των ( $V_R$ ), ( $V_L$ ), ( $V_C$ ) και ( $I$ ).



Σχ. 40.ιγ.

5. Από τις ενδείξεις των μετρήσεων της προηγούμενης περιπτώσεως και της συχνότητας  $f = 50 \text{ Hz}$  να υπολογισθούν ξανά (για τό κύκλωμα της περιπτώσεως 4) οι τιμές των ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) (αυτεπαγωγική και χωρητική αντίσταση του κυκλώματος).

6. Να υπολογισθεί ή σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος της περιπτώσεως 4 από την σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

7. Επίσης να βρεθεί ή ( $Z$ ) του κυκλώματος εφαρμόζοντας τό Νόμο του "Ωμ:

$$Z = \frac{V}{I}$$

και να συγκριθεί μέ αυτήν που υπολογίσθηκε στην προηγούμενη περίπτωση.

## ΑΣΚΗΣΗ 41

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RLC ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Στήν προηγούμενη άσκηση εξετάσθηκαν τὰ χαρακτηριστικά ενός κυκλώματος, πού είχε ώμική αντίσταση (R), αὐτεπαγωγή (L) καὶ χωρητικότητα (C) πού συνδέονται σέ σειρά.

Ἡ σύνθετη ἀντίσταση, τὴν ὁποία παρουσιάζει ἕνα κύκλωμα αὐτῆς τῆς μορφῆς, δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

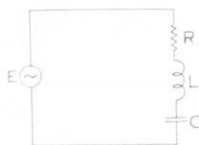
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα (R), (L) καὶ (C), καθὼς καὶ ἀπὸ τὴ συχνότητα (f) τοῦ ρεύματος, πού κυκλοφορεῖ σ' αὐτό.

Ὅταν ἡ συχνότητα (f) τῆς πηγῆς, πού τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα, εἶναι χαμηλὴ, ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

εἶναι μεγάλη καὶ ἐλαττώνεται ὅσο ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς αὐξάνεται. Ἀντίθετα ἡ αὐτεπαγωγικὴ ἀντίσταση εἶναι μικρὴ στὶς χαμηλές συχνότητες καὶ αὐξάνεται στὶς ψηλότερες.



Σχ. 41.α.

Ἄν λοιπὸν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 41.α, μὲ τὰ στοιχεῖα (R), (L) καὶ (C) σέ σειρά, τροφοδοτηθεῖ ἀπὸ μιά πηγὴ ἐναλλασσόμενης τάσεως (E), σταθεροῦ πλάτους (σταθερῆς ἐνδεικνυμένης τιμῆς), ἀλλὰ μεταβαλλόμενης συχνότητας, ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα αὐτὸ δὲν θὰ εἶναι σταθερὰ. Αὐτὸ θὰ συμβαίνει, γιατί ἡ σύνθετη ἀντίσταση (Z) τοῦ κυκλώματος δὲν παραμένει σταθερὴ, ἐφ' ὅσον μεταβάλλονται τὰ στοιχεῖα ( $X_L$ ) καὶ ( $X_C$ ) (αὐτεπαγωγικὴ καὶ χωρητικὴ ἀντίσταση), τὰ ὁποῖα τὴ συνθέτουν. Τονίζεται ἐδῶ στὰ ραδιοτεχνικὰ κυκλώματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἡ

άντισταση (R) αντιπροσωπεύει τα ώμικά μέρη του πυκνωτή και κυρίως του πηνίου (τις αντιστάσεις απωλειών) και δεν είναι καμιά ξεχωριστή ώμική αντίσταση συνδεδεμένη στο κύκλωμα. Αντίθετα μάλιστα επιβάλλεται πάντοτε η τιμή της αντίστασεως αυτής να είναι όσο το δυνατό μικρότερη (δηλαδή να είναι μικρότερες οι απώλειες).

Στις εφαρμογές γιά να είναι μικρές οι απώλειες ενός κυκλώματος με (L) και (C) σε σειρά πρέπει:

α) Ό πυκνωτής να είναι καλής ποιότητας. Π.χ. ένας πυκνωτής με διηλεκτρικό από μίκα εμφανίζει μικρότερες απώλειες παρά ένας πυκνωτής από χαρτί.

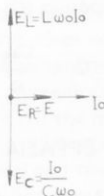
β) Τό τύλιγμα του πηνίου να έχει μικρή ώμική αντίσταση και, αν τό πηνίο έχει πυρήνα, οι απώλειες του πυρήνα αυτού να είναι όσο τό δυνατό μικρές. Τό αποτέλεσμα αυτό επιτυγχάνεται με πυρήνες ειδικής κατασκευής.

Ή μεταβολή των δύο αντιστάσεων ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) γίνεται, όπως ήδη αναφέρθηκε με αντίθετο τρόπο. Στις χαμηλές συχνότητες επικρατεί περισσότερο (είναι μεγαλύτερη) ή χωρητική αντίσταση, ενώ στις ψηλές επικρατεί ή αύτεπαγωγική. Αν μελετηθεί λοιπόν ή συμπεριφορά του κυκλώματος στις διάφορες συχνότητες, διαπιστώνεται ότι, όσο ή συχνότητα ελαττώνεται, ή χωρητική αντίσταση του πυκνωτή (c) με σταθερή χωρητικότητα ελαττώνεται και ή αύτεπαγωγική αντίσταση του πηνίου (L) με σταθερή αύτεπαγωγή αυξάνεται. Έπομένως κατά τις μεταβολές αυτές θά υπάρξει κάποια ενδιάμεση συχνότητα ( $f_0$ ), γιά την οποία οι δύο αυτές αντιστάσεις θά γίνουν ίσες. Και έπειδή οι αντιστάσεις αυτές είναι και αντίθετης δράσεως, στη συχνότητα, στην οποία θά γίνουν αριθμητικά ίσες, θά αλληλοεξουδετερώνονται.

Θά απομένει συνεπώς ως ελάχιστη αντίσταση του κυκλώματος μόνο ή ώμική αντίσταση (R) (ή αντίσταση απωλειών).

Ή αλληλοεξουδετέρωση πάντως των δύο αντιστάσεων δεν σημαίνει και εξαφάνισή τους. Απλώς τό αποτέλεσμα της μιάς αντισταθμίζει τό αποτέλεσμα της άλλης, οι αντιστάσεις όμως ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) υπάρχουν και αυτό φαίνεται από τις τάσεις, πού επικρατούν στα άκρα τους και οι όποιες είναι ίσες όταν οι ( $X_L$ ) ( $X_C$ ) είναι ίσες. Οι ίσες αυτές τάσεις είναι μεγαλύτερες από την τάση της πηγής (E) και έπειδή είναι και αντίθετης δράσεως αλληλοεξουδετερώνονται. Συνεπώς ή τάση (E) της πηγής επικρατεί μόνο στο ώμικό μέρος (R) του κυκλώματος.

Ή κατάσταση αλληλοεξουδετερώσεως των ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) λέγεται **συντονισμός του κυκλώματος** και ή συχνότητα στην οποία οι ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) αλληλοεξουδετερώνονται, λέγεται **συχνότητα συντονισμού του**.



Σχ. 41.β.

Τό διάγραμμα του σχήματος 41.β δείχνει αναλυτικά τις επικρατούσες τάσεις στο κύκλωμα σειράς κατά τό συντονισμό.

Κατά τό συντονισμό έπομένως ισχύει ή σχέση:

$$X_L = X_C \text{ ή } L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

άπό τήν όποία προκύπτει:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Καί έπειδή  $\omega = 2\pi \cdot f$ , ή συχνότητα συντονισμού ( $f_0$ ) θά είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Στήν συχνότητα συντονισμού, έφ' όσον  $X_L = X_C$ , ή αντίσταση του κυκλώματος γίνεται ελάχιστη, γιατί τότε δρᾶ μόνο ή ώμική του αντίσταση (R) (στήν όποία άναπτύσσεται ή τάση E τής πηγής), όπότε ή σχέση τής σύνθετης αντίστάσεως:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

γίνεται:

$$Z = \sqrt{R^2} \text{ ή } Z = R$$

Τό ρεύμα στό κύκλωμα θά είναι:

$$I = \frac{E}{Z} \text{ ή } I = \frac{E}{R}$$

καί κατά τό συντονισμό γίνεται μέγιστο, άφου  $Z = R$ , καί ή (R) είναι ή ελάχιστη αντίσταση, τήν όποία μπορεί νά παρουσιάσει τό κύκλωμα. 'Η (R) έχει σταθερή τιμή καί μπορεί νά θεωρείται άνεξάρτητη άπό τή συχνότητα.

'Η ώμική αντίσταση (R) είναι εκείνη, πού ρυθμίζει τό ποσό του ρεύματος, τό όποιο κυκλοφορεί στό κύκλωμα κατά τό συντονισμό. Στή Ραδιοτεχνία, όπου τά κυκλώματα αυτά έχουν μεγαλύτερη έφαρμογή, όσο μικρότερη είναι ή (R), τόσο καλύτερης ποιότητας είναι τό κύκλωμα. Γενικά ή **ποιότητα ενός κυκλώματος συντονισμού** συμβολίζεται μέ τό γράμμα (Q) καί δίνεται άπό τή σχέση:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 41.γ.

'Ως πηγή τροφοδοτήσεως του κυκλώματος νά χρησιμοποιηθεί ταλαντωτής χαμηλών συχνοτήτων. Μέ μεταβολή τής συχνότητας του ταλαντωτή νά προσδιορισθεί ή περιοχή του συντονισμού άπό τό ρεύμα, πού δείχνει τό μιλλιαμπερόμετρο σε σειρά.

2. Με μεταβολή της συχνότητας του ταλαντωτή στην περιοχή του συντονισμού νά ληφθούν μετρήσεις καί νά συμπληρωθεί ό επόμενος πίνακας:

f (Hz)	I (mA)

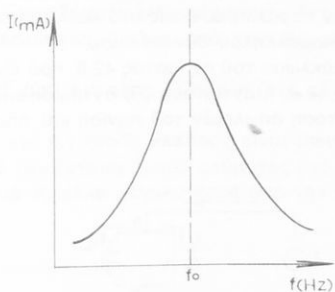
Κατά τή διάρκεια τών μετρήσεων νά ρυθμίζεται ή τάση (E) του ταλαντωτή, ώστε νά παραμένει σταθερή σέ κάθε συχνότητα.

3. Ποιά ή συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος τής περιπτώσεως 1;

4. Από τίς μετρήσεις τής περιπτώσεως 2 νά χαραχθεί ή καμπύλη συντονισμού του κυκλώματος.



Σχ. 41.γ.



Σχ. 41.δ.

Τό διάγραμμα του σχήματος 41.δ δίνει τή μορφή, τήν όποία πρέπει νά έχει μία καμπύλη συντονισμού κυκλώματος σέ σειρά.

5. Νά προστεθεί σέ σειρά στό κύκλωμα μία ώμική αντίσταση, π.χ. 100 Ω, καί νά ληφθούν ξανά μετρήσεις, ώστε νά χαραχθεί ή καμπύλη συντονισμού του κυκλώματος. 'Η καμπύλη νά χαραχθεί στό ίδιο διάγραμμα μέ τήν καμπύλη τής προηγούμενης περιπτώσεως.

6. Μέ σύγκριση τών ρευμάτων κατά τό συντονισμό στίς δύο περιπτώσεις νά αναφερθεί ποιά από τά δύο κυκλώματα είναι καλύτερης ποιότητας καί γιατί;

7. Μέ ήλεκτρονικό βολτόμετρο νά μετρηθούν οι τάσεις ( $V_R$ ), ( $V_L$ ) καί ( $V_C$ ) στό κύκλωμα κατά τό συντονισμό καί νά συγκριθούν μέ τήν τάση τής πηγής.

8. Μέ γνωστή τήν ώμική αντίσταση (R) τής περιπτώσεως 5 καί τήν αύτεπαγωγή του πηνίου ( $L = \dots$ ), νά ύπολογισθεί ή ποιότητα (Q) του κυκλώματος.

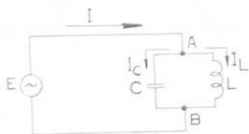
('Η αύτεπαγωγή του πηνίου θά δοθεί από τόν Καθηγητή κατά τήν έκτέλεση τής άσκήσεως).

## ΑΣΚΗΣΗ 42

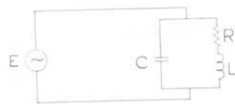
### ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RLC ΣΥΝΔΕΘΜΕΝΟΥ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Αν τὰ στοιχεία (L) καί (C) τοῦ κυκλώματος τῆς προηγούμενης ἀσκῆσεως συνδεθοῦν παράλληλα, ὅπως στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 42.α, προκύπτει τότε ἕνα κύκλωμα παράλληλου συντονισμοῦ.

Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 42.β, πού εἶναι τό ἰσοδύναμο τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 42.α, ἡ ἀντίσταση (R) ἀντιπροσωπεύει τήν ὠμική ἀντίσταση καί ἐν γένει τήν ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ πηνίου καί, ὅπως ἀναφέρθηκε στήν ἀσκηση συντονι-



Σχ. 42.α.



Σχ. 42.β.

σμοῦ σέ σειρά, καταβάλλεται φροντίδα, ὥστε ἡ ἀντίσταση αὐτή νά ἔχει ὅσο τό δυνατό μικρότερη τιμή, ὁπότε καί ἡ ποιότητα τοῦ κυκλώματος εἶναι καλύτερη:

$$\left( Q = \frac{L\omega_0}{R} \right)$$

Διά τόν πυκνωτή (C) δεχόμαστε ὅτι ἔχει ἀντίσταση ἀπωλειῶν στόν κλάδο τοῦ τόσο μικρή, ὥστε νά μπορεῖ νά παραλειφθεῖ.

Στό κύκλωμα πού συνδέεται παράλληλα στόν κόμπο (A) (ἢ στόν B) διοχετεύεται στούς δύο κλάδους τοῦ πυκνωτή καί τοῦ πηνίου. Ἀνάλογα μέ τή συχνότητα τῆς πηγῆς (E) ἀπό τό ἕνα ἀπό τὰ στοιχεῖα αὐτά θά διέρχεται περισσότερο, καί ἀπό τό ἄλλο ὀλιγότερο ρεῦμα. Δηλαδή, στίς χαμηλές συχνότητες στίς ὁποῖες ὁ πυκνωτής παρουσιάζει μεγάλη ἀντίσταση ( $1/C\omega$ )· τό περισσότερο ρεῦμα θά διέρχεται ἀπό τόν κλάδο τοῦ πηνίου, τό ὁποῖο τότε παρουσιάζει μικρή ἀντίσταση ( $L\omega$ ). Στίς ψηλές συχνότητες θά συμβαίνει τό ἀντίθετο. Γιά μιᾶ ὁμως ἐνδιάμεση συχνότητα οἱ δύο ἀντιστάσεις (αὐτεπαγωγική καί χωρητική) θά γίνονται ἴσες, ἐφ' ὅσον ἡ μία αὐξάνεται καί ἡ ἄλλη ἐλαττώνεται. Στήν περίπτωση αὐτή πραγματοποιεῖται **συντονισμός** τοῦ



κυκλώματος, όπως και στο κύκλωμα, σε σειρά ή δε συχνότητα, για την οποία συμβαίνει αυτό, λέγεται **συχνότητα συντονισμού**. Κατά τον συντονισμό ισχύει και στο παράλληλο κύκλωμα η σχέση:

$$X_L = X_C \text{ ή } L\omega_o = \frac{1}{C\omega_o}$$

από την οποία προκύπτει:

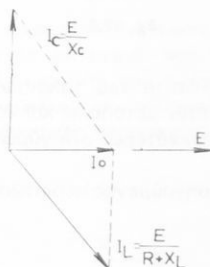
$$f_o = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Τα χαρακτηριστικά ενός κυκλώματος (LC) παράλληλης τροφοδοτήσεως κατά το συντονισμό είναι:

α) Η σύνθετη αντίσταση (Z) είναι μέγιστη (στο κύκλωμα σε σειρά ήταν ελάχιστη και ίση με R). Αυτό συμβαίνει γιατί, για οποιαδήποτε άλλη συχνότητα, εκτός από τη συχνότητα συντονισμού, υπάρχει ευκολότερη δίοδος από τον ένα από τους κλάδους.

β) Η ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα είναι ελάχιστη (στο κύκλωμα σε σειρά ήταν μέγιστη).

γ) Οι εντάσεις των ρευμάτων ( $I_C$  και  $I_L$ ) στους κλάδους είναι ίσες κατά το συντονισμό και είναι μεγαλύτερες από την ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα (στο κύκλωμα σε σειρά οι τάσεις  $V_L$  και  $V_C$  είναι μεγαλύτερες από την τάση της πηγής E).



Σχ. 42.γ.

Τά ίσα αυτά ρεύματα, ( $I_C$ ) και ( $I_L$ ), επειδή έχουν αντίθετες δράσεις, έχουν ολικό άθροισμα μηδέν στους κόμπους (Α) και (Β).

Τό ρεύμα (I), ελάχιστο κατά το συντονισμό, διέρχεται από τα ωμικά στοιχεία των δύο κλάδων (L) και (C).

δ) Η τάση της πηγής (E) και τό ρεύμα (I) είναι σε φάση κατά το συντονισμό, πράγμα που φανερώνει ότι ή σύνθετη αντίστασή του (Z) συμπεριφέρεται τότε ως μία καθαρά ωμική αντίσταση με πολύ μεγάλη τιμή.

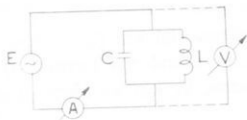
Στό σχήμα 42.γ δίνεται διανυσματικό διάγραμμα των ρευμάτων και της τάσεως της πηγής, σε ένα εν παράλληλο κύκλωμα για τή συνθήκη του συντονισμού.

Ἡ μεγάλη σύνθετη ἀντίσταση τοῦ παράλληλου κυκλώματος εἶναι καί ὁ λόγος, γιὰ τόν ὁποῖο προτιμᾶται αὐτό ὡς κύκλωμα συντονισμοῦ, ἀντί γιὰ τό κύκλωμα σέ σειρά, σέ ὅλες σχεδόν τίς ραδιοτεχνικές ἐφαρμογές. Αὐτή ἡ μεγάλη σύνθετη ἀντίσταση (μεγάλη χωρίς μεγάλες ἀπώλειες) ἐξασφαλίζει συνθήκες προσαρμογῆς τῶν παράλληλων κυκλωμάτων συντονισμοῦ μέ τίς μεγάλες ἐσωτερικές ἀντιστάσεις τῶν ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν, στό ἐξωτερικό κύκλωμα τῶν ὁποίων συνδέεται.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 42.δ. Ὡς πηγή (E) νά χρησιμοποιηθεῖ ταλαντωτής χαμηλῶν συχνότητων. Κατά τή διάρκεια τῶν μετρήσεων νά ρυθμίζεται ὁ ταλαντωτής, ὥστε νά παρέχει σταθερή τάση στό κύκλωμα γιά ὅλες τίς συχνότητες.

Μεταβάλλοντας τή συχνότητα τοῦ ταλαντωτή νά προσδιοριθεῖ ἡ συχνότητα συντονισμοῦ τοῦ κυκλώματος ἀπό τήν ἐνδειξη τοῦ ἐλάχιστου ρεύματος (I).



Σχ. 42.δ.

2. Μεταβάλλοντας τή συχνότητα τοῦ ταλαντωτή πάνω καί κάτω ἀπό τή συχνότητα συντονισμοῦ νά ληφθοῦν μετρήσεις καί νά συμπληρωθεῖ ὁ ἀκόλουθος πίνακας. Οἱ μετρήσεις νά εἶναι πυκνότερες στή γύρω ἀπό τή συχνότητα συντονισμοῦ περιοχή.

3. Ἀπό τίς μετρήσεις τῆς προηγούμενης περιπτώσεως καί μέ ὑπολογισμούς μέ τή βοήθεια τῆς σχέσεως:

$$Z = \frac{V}{I}$$

f (Hz)	I (mA)

(V εἶναι ἡ σταθερή τάση στά ἄκρα τοῦ κυκλώματος) νά βρεθοῦν ἡ σύνθετη ἀντίσταση, πού παρουσιάζει τό κύκλωμα στίς διάφορες συχνότητες καί νά συμπληρωθεῖ ὁ ἐπόμενος πίνακας:

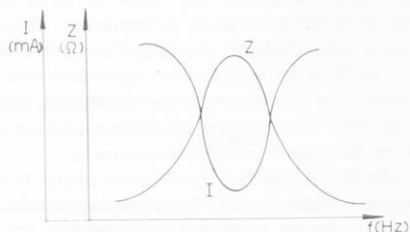
f (Hz)	Z ( $\Omega$ )

4. Από τις μετρήσεις της περιπτώσεως 2 και των αποτελεσμάτων των υπολογισμών της περιπτώσεως 3 να χαραχθούν στο ίδιο διάγραμμα οι χαρακτηριστικές καμπύλες συντονισμού:

α) Μεταβολής της σύνθετη αντίστασεως του κυκλώματος (L), (C) συναρτήσει της συχνότητας.

β) Μεταβολής του ρεύματος στο κύκλωμα συναρτήσει της συχνότητας.

Τό διάγραμμα του σχήματος 42.ε δίνει τη μορφή των ζητούμενων καμπυλών.



Σχ. 42.ε.

5. Νά συγκριθούν οι παραπάνω καμπύλες συντονισμού με τις καμπύλες συντονισμού του κυκλώματος σε σειρά, πού μελετήθηκε στην προηγούμενη άσκηση. Νά αναφερθούν οι διαφορές, πού παρουσιάζουν τά κυκλώματα.

6. Γιατί τό παράλληλο κύκλωμα συντονισμού προτιμάται καί χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε στίς ραδιοτεχνικές εφαρμογές;

## ΑΣΚΗΣΗ 43

### ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Ἡ ἰσχύς στό συνεχές ρεῦμα ἐξετάσθηκε στήν ἀσκηση 21. Ἡ σχέση  $P = V \cdot I$  ἰσχύει καί στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ἐφ' ὅσον οἱ καταναλώσεις, στίς ὁποῖες ἀναπτύσσεται ἡ ἰσχύς, εἶναι καθαρά ὠμικές ἀντιστάσεις. Ὅταν ὅμως οἱ καταναλώσεις εἶναι πηνία ἢ πυκνωτές (δηλαδή παρουσιάζουν αὐτεπαγωγικά ἢ χωρητικά στοιχεῖα), ἡ τάση καί ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος σ' αὐτά δέν εἶναι συμφασικά μεγέθη. Αὐτό σημαίνει ὅτι μεταξύ τῶν δύο παραγόντων τῆς ἰσχύος, δηλαδή τῆς τάσεως καί τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δέν ὑπάρχει ταυτότητα φάσεως, ὥστε νά αὐξάνονται καί νά ἐλαττώνονται τά δύο αὐτά μεγέθη ταυτόχρονα.

Τό γινόμενο λοιπόν ( $V \cdot I$ ) στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα δίνει μιά ἰσχύ πού πού λέγεται **φαινόμενη ἰσχύς**, ἀκριβῶς ἐπειδὴ δέν εἶναι ἐκείνη πού πραγματικά καταναλώνεται. Ἐάν ὅμως τό γινόμενο αὐτό πολλαπλασιασθεῖ ἐπί τό συνημίτονο τῆς γωνίας, πού εἶναι ἡ διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως καί ἐντάσεως, τότε τό ἀποτέλεσμα θά δώσει τήν **πραγματική ἰσχύ**, δηλαδή:

$$P_n = V \cdot I \cdot \text{συν}\phi$$

ὅπου ( $V$ ) καί ( $I$ ) εἶναι οἱ ἐνδεικνύμενες τιμές τῆς τάσεως καί τῆς ἐντάσεως ἀντίστοιχα.

Ὅπως εἶναι γνωστό ἀπό τήν τριγωνομετρία, τό συνημίτονο μιᾶς γωνίας δέν μπορεῖ νά εἶναι μεγαλύτερο ἀπό τή μονάδα. Ὅταν εἶναι θετικό κυμαίνεται ἀπό 0 ὡς 1.

Ἡ ἀκριβῆ τιμή του γιά τὰ ἠλεκτρολογικά κυκλώματα καθορίζεται ἀπό τή γωνία διαφορᾶς φάσεως μεταξύ τάσεως καί ἐντάσεως (σχέση μεταξύ ὠμικῆς καί αὐτεπαγωγικῆς ἢ χωρητικῆς καταναλώσεως).

Τό συνημίτονο τῆς γωνίας διαφορᾶς φάσεως λέγεται καί **συντελεστής ἰσχύος** τῆς καταναλώσεως (τοῦ φορτίου), ἀκριβῶς ἐπειδὴ ἀπό αὐτό ἐξαρτᾶται ἡ ἰσχύς.

Ἀκόμα στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ὑπάρχει καί ἡ **ἄεργη ἰσχύς**, ἡ ὁποία δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$P_a = V \cdot I \cdot \eta\mu\phi.$$

Τά τρία εἶδη ἰσχύος συνθέτουν ἓνα ὀρθογώνιο τρίγωνο γιά κάθε περίπτωση καταναλώσεως (αὐτεπαγωγική ἢ χωρητική), ὅπως φαίνεται στά σχήματα 43.α καί 43.β.

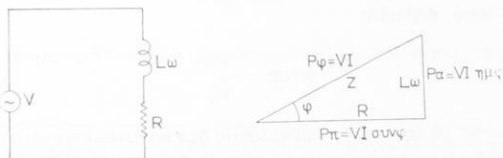
Τό πρῶτο κύκλωμα καί τό ἀπέναντι του διάγραμμα ἔχουν ἐφαρμογή, ὅταν ἡ κατανάλωση ἔχει αὐτεπαγωγικά στοιχεῖα, ἐνῶ τό δεύτερο, ὅταν ἡ κατανάλωση ἔχει

χωρητικά στοιχεία.

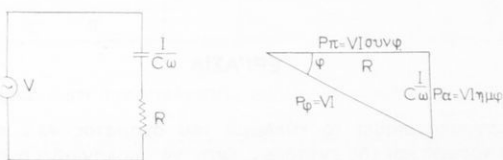
Ενώ λοιπόν στο συνεχές ρεύμα εμφανίζεται μιά μόνο ισχύς, στο έναλλασσόμενο έμφανίζονται:

α) Η **φαινόμενη ισχύς**, πού είναι ή συνισταμένη τής πραγματικής καί τής άεργης ισχύος, όπως δείχνουν τά διαγράμματα τών σχημάτων 43.γ καί 43.δ. Αύτή έκφράζεται σέ βολταμπέρ (VA) καί βρίσκεται άφου μετρηθοούν μέ βολτόμετρο καί άμπερόμετρο ή τήση καί ή ένταση τοϋ ρεύματος στο κύκλωμα καί πολλαπλασιασθοούν, δηλαδή:

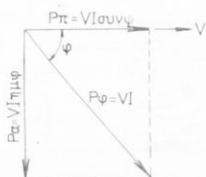
$$P_{\Phi} = V \cdot I.$$



Σχ. 43.α.

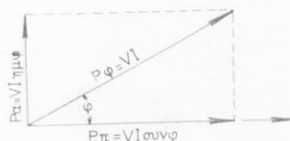


Σχ. 43.β.



Σχ. 43.γ.

Γιά καταναλωτή πού περιλαμβάνει καί πηνίο (άυτεπαγωγική συμπεριφορά).



Σχ. 43.δ.

Γιά καταναλωτή πού περιλαμβάνει καί πυκνωτή (χωρητική συμπεριφορά).

β) Η **πραγματική ισχύς**, πού δίνεται άπό τή σχέση:

$$P_{\pi} = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

καί μετράται σε βάττ (W) με ειδικά κατασκευασμένα όργανα, τὰ Βαττόμετρα. Ἡ ἔσωτερικὴ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία τῶν Βαττομέτρων ἐξετάζεται στὴν ἀσκηση 44.

γ) Ἡ **ἄεργη ἰσχύς**, ποὺ δὲν ἀντιστοιχεῖ σὲ παραγωγή ἢ κατανάλωση ἰσχύος, ὑπολογίζεται ὡς γεωμετρικὴ διαφορά τῶν δύο ἄλλων (ἀπὸ τὰ προηγούμενα τρίγωνα), δηλαδῆ:

$$P_{\alpha} = \sqrt{P_{\phi}^2 - P_{\pi}^2}$$

καθὼς καὶ ἀπὸ τὴ σχέση  $P_{\alpha} = V \cdot I$  ημφ καὶ ἐκφράζεται σὲ βάρ (Var) (Volt Ampere Reactive).

Ὁ συντελεστὴς ἰσχύος (συνφ) βρίσκεται μετὰ ἀπὸ διαίρεση τῆς πραγματικῆς μὲ τὴ φαινόμενη ἰσχύ, δηλαδῆ:

$$\text{συνφ} = \frac{P_{\pi}}{P_{\phi}}$$

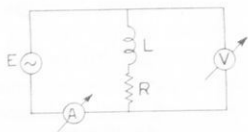
Ὅταν  $\phi = 90^{\circ}$  (ἢ καὶ  $-90^{\circ}$ ), καμιά ἰσχύς δὲν καταναλίσκεται στὸ κύκλωμα, γιατί  $\text{συνφ} = 0$ . Δηλαδῆ ἡ πραγματικὴ ἰσχύς εἶναι μηδέν, ὁπότε ἡ ἄεργη ἰσχύς ἰσοῦται μὲ τὴ φαινόμενη. Ἐπίσης, ὅταν  $\phi = 0^{\circ}$  ( $\text{συνφ} = 1$ ), ἡ ἄεργη ἰσχύς εἶναι μηδέν, ἐνῶ ἡ πραγματικὴ ἰσοῦται μὲ τὴ φαινόμενη.

Τὸ  $\text{συνφ}$  μπορεῖ ἐπίσης νὰ μετρηθεῖ ἀπ' εὐθείας μὲ εἰδικὸ ὄργανο ( $\cos \phi$ ).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 43.ε καὶ νὰ ληφθοῦν μετρήσεις τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως, ὥστε νὰ ὑπολογισθεῖ ἡ φαινόμενη ἰσχύς.

2. Στὸ ἴδιο κύκλωμα νὰ μετρηθεῖ ἡ πραγματικὴ ἰσχύς μὲ βαττόμετρο, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 43.ζ.



Σχ. 43.ε.



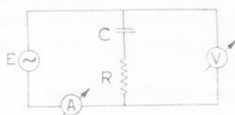
Σχ. 43.στ.

Ἐπίσης, ἐάν δὲν ὑπάρχει βαττόμετρο, ἡ πραγματικὴ ἰσχύς μπορεῖ νὰ μετρηθεῖ μὲ μετρητὴ ἐνέργειας (μικρὸ ἐνδιάμεσο «ρολόι»), ἀφοῦ δηλαδῆ μετρηθεῖ ἡ ἐνέργεια ποὺ καταναλώθηκε γιὰ ἓνα ὀρισμένο χρονικὸ διάστημα.

3. Ἀπὸ τίς μετρήσεις τῶν δύο προηγούμενων περιπτώσεων νὰ ὑπολογισθεῖ ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ κυκλώματος καθὼς καὶ ἡ ἄεργη ἰσχύς.

4. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 43.η.

Σ' αυτό νά επαναληφθοῦν ὅλες οἱ μετρήσεις καί οἱ ὑπολογισμοί, πού ζητοῦνται στίς περιπτώσεις 1, 2, καί 3 γιά τό κύκλωμα μέ αὐτεπαγωγή.



Σχ. 43.ζ.

5. Τά ἀποτελέσματα ὄλων τῶν μετρήσεων καί ὑπολογισμῶν νά γραφοῦν στόν ἀκόλουθο πίνακα:

Εἶδος Καταναλώσεως	$P_{\Phi}$	$P_n$	συνφ	$P_a$

6. Νά ἐξηγηθεῖ, γιάτί ὁ συντελεστής ἰσχύος δέν μπορεῖ νά εἶναι μεγαλύτερος ἀπό τή μονάδα.

7. Δυό ἠλεκτρικές συσκευές χαρακτηρίζονται ἤ μέν πρώτη μέ συνφ = 0,85, ἤ δέ δεύτερη μέ συνφ = 0,60. Ποιά ἀπό τίς δύο εἶναι καλύτερη;

## ΑΣΚΗΣΗ 44

### ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΑ

Τά όργανα, πού χρησιμοποιούνται γιά τή μέτρηση τής ηλεκτρικής ισχύος, λέγονται **βαττόμετρα**. Ή μέτρηση τής ηλεκτρικής ισχύος είναι απαραίτητη τόσο στην παραγωγή τής ηλεκτρικής ενέργειας, όσο καί κατά τή μεταφορά καί τή διανομή τής.

Τά βαττόμετρα είναι ηλεκτροδυναμικά όργανα καί αποτελούνται από ένα σταθερό (άκίνητο) πηνίο καί ένα κινητό. Τό άκίνητο πηνίο συνδέεται σέ σειρά στό κύκλωμα, είναι κατασκευασμένο από χονδρό σύρμα καί λέγεται **πηνίο έντάσεως**. Σέ μερικές περιπτώσεις αντί γιά ένα υπάρχουν δύο πηνία σέ σειρά. Τό κινητό πηνίο είναι κατασκευασμένο από λεπτό σύρμα, συνδέεται παράλληλα καί είναι τό **πηνίο τάσεως**.

Τό ρεύμα του κυκλώματος, στό οποίο γίνεται ή μέτρηση τής ισχύος, διέρχεται από τό άκίνητο πηνίο τής έντάσεως καί ή τάση του κυκλώματος εφαρμόζεται στά άκρα του κινητού πηνίου, πού πιθανόν νά έχει σέ σειρά καί προστατευτική αντίσταση (άντίσταση πολλαπλασιασμού τής κλίμακας, βλέπε άσκηση 23, Βολτόμετρα).

Βασικό κύκλωμα βαττομέτρου μέ προστατευτική αντίσταση (γιά τόν πολλαπλασιασμό τής ικανότητας του πηνίου τάσεως) καί μέ δύο πηνία έντάσεως φαίνεται στό σχήμα 44.α.

Τό βαττόμετρο αυτό δείχνει τήν πραγματική ισχύ, πού καταναλώνεται σέ βάττ. "Ένα από τά άκρα (ύποδοχές) τόσο του πηνίου τάσεως όσο καί του πηνίου (ή των πηνίων σέ σειρά) έντάσεως φέρει τίς ένδείξεις  $\pm$ , πράγμα πού σημαίνει ότι έχει σημασία ή πολικότητα (φάση-ουδέτερος) γιά τό έναλλασσόμενο κατά τή σύνδεση των πηνίων έντάσεως καί τάσεως. "Αν ή σύνδεση είναι όρθή, ή βελόνα του βαττομέτρου άποκλίνει κανονικά. Διαφορετικά άποκλίνει αντίθετα καί τότε άπαιτείται έναλλαγή τής πολικότητας του ενός από τά πηνία.

Ήπίσης, όταν ή σύνδεση είναι κανονική, ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των πηνίων τάσεων καί έντάσεων είναι ή μικρότερη δυνατή.

Τά σχήματα 44.β καί 44.γ δείχνουν δύο τρόπους συνδεσμολογίας των πηνίων τάσεως καί έντάσεως σέ ένα βαττόμετρο.

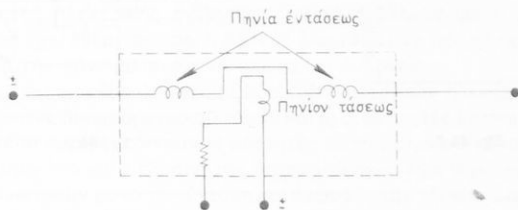
Καί τά δύο κυκλώματα είναι όρθά καί χρησιμοποιούνται στην πράξη. Πάντως καί στά δύο υπάρχει ένα μικρό άμελητέο, αλλά αναπόφευκτο σφάλμα. Στο σχήμα 44.β τό πηνίο τάσεως μετρά καί τήν πτώση τάσεως στό πηνίο έντάσεως (καί όχι άπλά τήν πτώση τάσεως στό φορτίο). Στο σχήμα 44.γ, κατά τή μέτρηση τής έντάσεως, εκτός από τό ρεύμα του φορτίου, μετράται καί τό ρεύμα του πηνίου τάσεως.



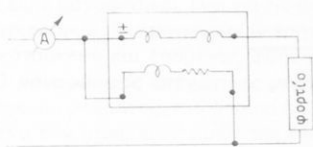
Τά χαρακτηριστικά ενός βαττομέτρου είναι:

- α) Τό μέγιστο ρεύμα, γιά τό όποίο είναι κατασκευασμένο τό πηνίο έντάσεως.
  - β) Ή μέγιστη τάση, πού μπορεί νά εφαρμοσθεί στά άκρα του πηνίου τάσεως.
- Ή μέγιστη ένδειξη τής κλίμακας του έξαρτάται βέβαια και από τό συνφ. Ήπειδή τό συνφ είναι γιά ήλεκτρολογικές μετρήσεις σε έναλλασσόμενα ρεύματα πάντοτε μικρότερο από τή μονάδα, πρέπει νά ελέγχεται τό μέγιστο ρεύμα πού διαρρέει τό βαττόμετρο, μέ ένα άμπερόμετρο στο έξωτερικό κύκλωμα, ώστε νά μή «καεί» τό όργανο.

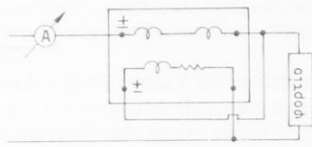
Μεγάλα βαττόμετρα έχουν περισσότερες από μιά κλίμακα και φυσικά περισσότερες ύποδοχές γιά τούς άκροδέκτες τους.



Σχ. 44.α.



Σχ. 44.β.



Σχ. 44.γ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

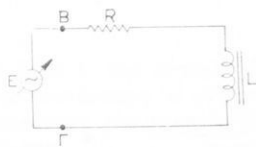
1. Μέ προσοχή νά άνοιχθεί τό βαττόμετρο τής άσκήσεως και νά άναγνωρισθεί τό κύκλωμά του. (Πηνίο έντάσεως = χονδρό σύρμα κ.λπ.).
2. Νά σχεδιασθεί τό έσωτερικό κύκλωμα του βαττομέτρου και νά άναφερθεί τό έξαιτίας τής συνδεσμολογίας του σφάλμα κατά τή μέτρηση.
3. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 44.δ και νά μετρηθεί στα σημεία (Β), (Γ) ή καταναλισκόμενη ισχύς μέ βαττόμετρο.
4. Νά μετρηθεί ή ισχύς στο κύκλωμα τής προηγούμενης περιπτώσεως μέ βολτόμετρο και άμπερόμετρο. Νά άναφερθεί ποιά ή διαφορά των δύο μετρήσεων (περιπτώσεις 3 και 4) και νά ύπολογισθεί από αυτές ό συντελεστής ισχύος του κυκλώματος.

5. Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 44.ε καί σ' αυτό νά ρυθμισθοῦν οί διακόπτες ἔτσι, ὥστε:

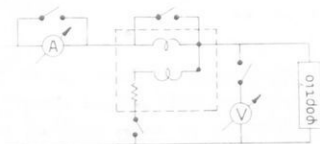
α) Μόνο τό βατόμετρο νά παραμείνει στό κύκλωμα καί νά γραφεῖ ἡ ἔνδειξή του:

β) Μόνο τό ἀμπερόμετρο καί τό βολτόμετρο νά παραμείνουν στό κύκλωμα καί νά γραφοῦν οί ἔνδειξεις τους.

6. Νά συγκριθοῦν οί ἔνδειξεις τῶν παραπάνω μετρήσεων καί νά δικαιολογηθοῦν οί μεταξύ τους διαφορές.



Σχ. 44.δ.



Σχ. 44.ε.

## ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας για τό έναλλασσόμενο ρεύμα είναι τά «ρολόγια», πού ἔχει ἐγκαταστήσει ἡ ΔΕΗ σέ ὅλα τά σπίτια, πού ἠλεκτροδοτεῖ, καί μέ αὐτούς μετρά τήν καταναλισκόμενη ἠλεκτρική ἐνέργεια.

Γιά τό συνεχές ρεύμα ὑπάρχουν δύο τύποι μετρητῶν ἠλεκτρικής ἐνέργειας:

α) Οἱ μετρητές ἀμπερομετρικοῦ τύπου καί β) οἱ μετρητές βαττομετρικοῦ τύπου.

Μεγαλύτερη ἀκρίβεια δίνουν οἱ μετρητές βαττομετρικοῦ τύπου, πού μετροῦν τόσο τήν ἔνταση ὅσο καί τήν τάση τῆς καταναλώσεως, ἐνῶ οἱ μετρητές ἀμπερομετρικοῦ τύπου μετροῦν μόνο τήν ἔνταση καί θεωροῦν τήν τάση τοῦ δικτύου σταθερή καί ἴση μέ τήν ὀνομαστική τιμή της.

Ἔνας βαττομετρικός μετρητής ἠλεκτρικής ἐνέργειας μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ γιά τή μέτρηση καί ἐναλλασσόμενης μορφῆς ἠλεκτρικής ἐνέργειας. Γενικά ὁμως στό ἐναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιοῦνται οἱ ἐπαγωγικοί μετρητές, πού γιά τά σπίτια εἶναι μονοφασικοί, ἐνῶ γιά τίς βιομηχανίες καί λοιπές μεγάλες καταναλώσεις εἶναι τριφασικοί. Οἱ ἐπαγωγικοί μετρητές ἠλεκτρικής ἐνέργειας εἶναι ἀπλούστεροι στήν κατασκευή καί ἐπομένως φθηνότεροι.

Ἄν ὁ **μονοφασικός ἐπαγωγικός μετρητής** εἶναι στήν οὐσία ἕνας κινητήρας ἐναλλασσόμενου ρεύματος, τοῦ ὁποῖου ἡ ταχύτητα περιστροφῆς εἶναι ἀνάλογη πρός τό γινόμενο τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῆς ἐφαρμοζόμενης τάσεως στό πηνίο τάσεως του καί τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τό πηνίο ἐντάσεως. Ἄν ὁ ἀριθμός τῶν στροφῶν σέ ἕνα ὀρισμένο χρονικό διάστημα εἶναι ἐπομένως ἀνάλογος πρός τήν ἐνέργεια σέ kWh, τήν ὁποία τό φορτίο δέχεται κατά τό διάστημα αὐτό.

Ἄν ὁ συντελεστής ἀναλογίας μεταξύ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν περιστροφῶν τοῦ δίσκου καί τῆς ἐνέργειας πού καταναλώθηκε εἶναι σταθερό χαρακτηριστικό μέγεθος τοῦ μετρητῆ καί ἀναγράφεται στήν πινακίδα του.

Ἐάν π.χ. ἕνας μετρητής ἔχει σταθερότητα στίς στροφές π.χ.  $k = 100$  στροφές ἀνά χιλιοβατῶρα καί ὁ δίσκος του ἐκτελεῖ 250 περιστροφές, αὐτό σημαίνει ὅτι ὁ μετρητής κατέγραψε

$$\frac{250}{100} = 2,5 \text{ kWh.}$$

Ἦς δρομέας (ὀπλισμός) τοῦ μετρητῆ (κινητήρα) χρησιμοποιεῖται ἕνας δίσκος ἀλουμίνιου, πού περιστρέφεται μεταξύ τῶν πόλων τῶν πηνίων, τά ὁποία δημιουργοῦν τό πεδίο, καί ἔτσι κινεῖ σέ καταγραφή ἕνα ἀπαριθμητή. Τά πηνία, πού δημιουργοῦν τό πεδίο σέ ἕνα μετρητή, εἶναι: α) ἕνα πηνίο τάσεως, πού βρίσκεται

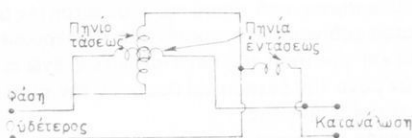
συνήθως πάνω από το δίσκο αλουμινίου. β) Δύο πηνία έντασης, τοποθετημένα κάτω από το δίσκο.

Η δύναμη, που κινεί το δίσκο, αναπτύσσεται λόγω της δράσεως του μαγνητικού πεδίου στα δινορρεύματα Φουκώ, που επάγονται στο δίσκο.

Το θεωρητικό σχέδιο του σχήματος 45.α δίνει την εσωτερική κατασκευή και τον τρόπο συνδεσμολογίας σε εξωτερικό κύκλωμα των πηνίων ενός μονοφασικού επαγωγικού μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας για το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ανάλογο κύκλωμα και συνδεσμολογία έχουν και οι τριφασικοί επαγωγικοί μετρητές, που δεν εξετάζονται στην άσκηση αυτή.

Στις δύο προηγούμενες ασκήσεις, 43 και 44 (ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα και βατόμετρα) εκτίθεται η σχετική θεωρία για την ισχύ και τους τρόπους μετρήσεώς της καθώς και για το συντελεστή ισχύος (συνφ) στο εναλλασσόμενο ρεύμα, επιβάλλεται όμως να μελετηθεί ξανά η θεωρία αυτή για την άνετη διεξαγωγή των επόμενων μετρήσεων.



Σχ. 45.α.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Με προσοχή να ανοιχθεί ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας, που χρησιμοποιείται στην άσκηση, και να γίνει αναγνώριση των κυκλωμάτων του. Αν το εργαστήριο διαθέτει το σχέδιο των κυκλωμάτων του μετρητή, να αντιγραφεί αυτό στο τετράδιο και να γίνει επαλήθευση των κυκλωμάτων.

2. Αν δεν υπάρχει το σχέδιο του κυκλώματος του μετρητή, να εξαχθεί από τους μαθητές ένα απλό θεωρητικό κύκλωμα συνδέσεως των πηνίων του.

3. Να πραγματοποιηθεί ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με διάφορες καταναλώσεις (π.χ. λαμπτήρας πυρακτώσεως, μονοφασικός κινητήρας, ηλεκτρική θερμάστρα κ.λπ.) και να χρησιμοποιηθεί ο μετρητής για τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Αν είναι δυνατό, ο μετρητής να χρησιμοποιηθεί για την παραπάνω μέτρηση «άνοικτος» (χωρίς περίβλημα) και να παρατηρηθεί η όλη λειτουργία του.

4. Από την ηλεκτρική ενέργεια που μετρήθηκε και από το χρόνο να υπολογισθεί η ισχύς των καταναλώσεων.

5. Να μετρηθεί με το βατόμετρο η ισχύς του κυκλώματος της περιπτώσεως 3 και να συγκριθεί με αυτήν που υπολογίσθηκε στην περίπτωση 4.

6. Να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και να υπολογισθεί ο συντελεστής (συνφ) του κυκλώματος.

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

Στις τρεις προηγούμενες ασκήσεις, 43, 44 και 45, εξετάστηκε η σημασία του συντελεστή ισχύος σε ένα κύκλωμα έναλλασσόμενου ρεύματος και οι διάφοροι τρόποι προσδιορισμού της τιμής του.

Μικρός συντελεστής ισχύος σημαίνει καταπόνηση των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της πηγής με μεγάλα έργα ρεύματα για την ίδια πραγματική ισχύ. Γενικά η ένταση του ρεύματος σε ένα κύκλωμα, που τροφοδοτείται από πηγή έναλλασσόμενης τάσεως, είναι αντίστροφα ανάλογη προς το συντελεστή ισχύος. Έπομένως συμφέρει οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές να λειτουργούν με το μεγαλύτερο δυνατό συντελεστή ισχύος, γιατί τότε γίνεται έκμεταλλευση μεγαλύτερης πραγματικής ισχύος για τό ίδιο ποσό της φαινόμενης ισχύος.

Βελτίωση του μικρού συντελεστή ισχύος των ηλεκτρικών κινητήρων γίνεται συνήθως με τη τοποθέτηση παράλληλα στο δίκτυο τροφοδοτήσεως (στην είσοδο, δηλαδή τούς πόλους του κινητήρα) ενός πυκνωτή με όρισμένη χωρητικότητα. Ο κινητήρας λόγω των τυλιγμάτων του έχει επαγωγική συμπεριφορά και ο παράλληλα τοποθετούμενος πυκνωτής εξουδετερώνει μέρος του επαγωγικού φορτίου, δηλαδή άεργης ισχύος.

Αν από τις γωνίες φασικής απόκλισεως πριν από τη βελτίωση και μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος προσδιορισθεί τό ποσό της άεργης ισχύος, πού πρέπει να άπορροφά ο πυκνωτής από τις γραμμές τροφοδοτήσεως και άν δίνεται και η άφραμοζόμενη τάση (τάση λειτουργίας του κινητήρα), ύπολογίζεται εύκολα η ένταση του ρεύματος πού διαρρέει τόν πυκνωτή, όποτε από τη σχέση:

$$V = \frac{I_C}{C_{\omega}}$$

(νόμος του Ωμ), ή όποία γίνεται:

$$C = \frac{I_C}{V_{\omega}}$$

βρίσκεται η τιμή της χωρητικότητας του άπαιτούμενου για τήν βελτίωση πυκνωτή σε F.

Γιά καλύτερη κατανόηση των προηγούμενων, άν πάρομε τό παρακάτω παράδειγμα:

Κινητήρας έχει πραγματική ισχύ 3 kW και λειτουργεί ύπό τάση δικτύου 220 V, 50 Hz, με συντελεστή ισχύος 0,75.

Ζητείται να βρεθεί η τιμή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή, που συνδεόμενος παράλληλα στους πόλους του κινητήρα να βελτιώνει το συντελεστή ισχύος σε 0,85.

**Λύση:**

Ή από το  $\cos\phi = 0,75$  βρίσκεται ότι η γωνία  $\phi = 41^\circ,5$  και  $\epsilon\phi\phi = 0,8847$ .  
Είναι γνωστό ότι  $P_n = V \cdot I \cdot \cos\phi$  και

$$P_a = V \cdot I \cdot \eta\mu\phi, \text{ δηλαδή } \frac{P_a}{P_n} = \epsilon\phi\phi$$

Συνεπώς η άεργη ισχύς ( $P_a$ ) θα είναι:

$$P_a = P_n \cdot \epsilon\phi\phi = 3000 \times 0,8847 = 2654 \text{ VA.}$$

Όταν με την τοποθέτηση του πυκνωτή γίνει το  $\cos\phi = 0,85$ , ή νέα γωνία φασικής απόκλισης θα είναι  $\phi = 31^\circ,8'$  και  $\epsilon\phi\phi = 0,62$ .

Κατά τον ίδιο όπως και προηγούμενα τρόπο:

$$\eta \text{ ή } P_a = P_n \cdot \epsilon\phi\phi = 3000 \times 0,62 = 1860 \text{ VA}$$

Άρα με τον πυκνωτή θα επιτυγχάνεται μείωση της άεργης ισχύος κατά:

$$2654 - 1860 = 794 \text{ VA.}$$

Τά 794 VA θα είναι η (άεργη) ισχύς του πυκνωτή, δεδομένου ότι ο πυκνωτής δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ.

Η ισχύς όμως του πυκνωτή ισούται με  $P_C = V \cdot I_C$ , οπότε το ρεύμα από τον πυκνωτή θα είναι:

$$I_C = \frac{794}{220} = 3,6 \text{ A.}$$

Και η χωρητικότητα του πυκνωτή από τη σχέση:

$$V = \frac{I_C}{C_\omega}$$

θα είναι:

$$C = \frac{I_C}{V_\omega} = \frac{3,6}{220 \times 314} = 60 \mu\text{F.}$$

**ΕΡΓΑΣΙΑ**

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 46 . α και να μετρηθούν:  
α) Η φαινόμενη ισχύς (μέ βολτόμετρο — άμπερόμετρο). β) Η πραγματική ισχύς (μέ βατόμετρο). γ) Να υπολογισθεί ο συντελεστής ισχύος (συνφ) του κυκλώματος.

2. Να υπολογισθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή, που συνδεόμενος παράλληλα στο δίκτυο, θα βελτιώσει το συντελεστή ισχύος σε 0,9.

3. Νά συνδεθεί ὁ πυκνωτής στό κύκλωμα καί νά ἐπαναληφθοῦν οἱ μετρήσεις τῆς περιπτώσεως 1.

Νά παρατηρηθοῦν οἱ διαφορές βελτιώσεως.

4. Ἐπίσης νά πραγματοποιηθεῖ κύκλωμα μέ ἠλεκτρικό κινητήρα ὡς κατανάλωση καί νά ἐπαναληφθοῦν οἱ μετρήσεις τῶν περιπτώσεων 1, 2 καί 3.

5. Νά χρησιμοποιηθεῖ (ἂν ὑπάρχει στό ἐργαστήριο) εἰδικός μετρητής τοῦ συντελεστή ισχύος ( $\cos \phi$ ) γιά τή μέτρησή του σέ ὅλες τίς προηγούμενες περιπτώσεις. Νά συγκριθοῦν οἱ τιμές τῶν δύο διαφορετικῶν τρόπων καί νά δικαιολογηθοῦν τυχούσες διαφορές.



Σχ. 46.α.

## ΑΣΚΗΣΗ 47

### ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Ο **παλμογράφος** είναι ένα από τα πιο χρήσιμα όργανα έλεγχου σέ όλα τά ηλεκτρονικά ή ηλεκτρολογικά έργαστήρια. Βοηθά κατά τρόπο πολύ άποτελεσματικό στόν έλεγχο τής καλής ή ελαττωματικής λειτουργίας τών κυκλωμάτων μιάς ηλεκτρικής συσκευής, έμφανίζοντας στήν όθόνη τίσ μορφές καί άκόμα καί τά σχετικά μεγέθη τάσεων, πού έπικρατούν σ' αυτά.

Όταν γίνεται έλεγχος τής λειτουργίας ένός κυκλώματος μέ τή βοήθεια τού παλμογράφου, παρουσιάζεται στήν όθόνη του, άφου γίνονιν οί κατάλληλοι χειρισμοί τών «κουμπιών», πού βρίσκονται στήν πρόσοψη του, ή μορφή μιάς μεταβαλλόμενης τάσεως, δηλαδή ή καμπύλη μεταβολής τής τάσεως συναρτήσεϊ του χρόνου.

Μέ τόν παλμογράφο δηλαδή έπιτυχάναται όρατό άποτέλεσμα τών μεταβολών μιάς τάσεως. Καί άφου μελετηθεί ή μορφή τής έμφανιζόμενης τάσεως, έξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα γιά τήν καλή ή μή λειτουργία τού έξεταζόμενου κυκλώματος.

Μερικές άπό τίσ άπλούστερες καί πιο συνηθισμένες έφαρμογές τού παλμογράφου είναι: παρατήρηση, μέτρηση ή σύγκριση τάσεων, μέτρηση συχνότητας, μέτρηση διαφοράς φάσεως, έλεγχος καί μέτρηση ένισχυτικής ικανότητας ένισχυτή ή βαθμίδας του, άνίχνευση σήματος, εύθυγράμμιση καί συντονισμός ραδιοφωνικών δεκτών κ.λπ.

Τό κύριο εξάρτημα κάθε παλμογράφου είναι ό καθοδικός σωλήνας (ή λυχνία καθοδικών άκτίνων), ή όποία φαίνεται στό σχήμα 47.α.

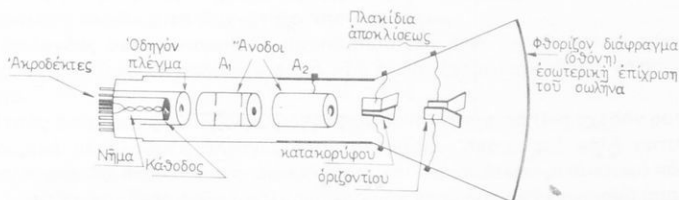
Όταν άπό τήν κάθοδο τού καθοδικού σωλήνα εκπέμπονται ηλεκτρόνια, ένα μέρος άπό αυτά έλκεται καί συλλέγεται άπό τίσ θετικές άνόδους. Τά υπόλοιπα όμως έπιταχύνονται τόσο πολύ, ώστε, καθώς διέρχονται άπό τίσ όπές τών άνόδων καί σχηματίζουν δέσμη, πέφτουν στήν όθόνη, πού είναι έπιχρισμένη έσωτερικά μέ φθορίζουσα ούσία, δηλαδή μέ ούσία, πού έχει τήν ιδιότητα νά εκπέμπει φώς, όταν πέφτουν επάνω της ηλεκτρόνια. Έτσι στήν όθόνη τού καθοδικού σωλήνα, καί άκριβέστερα στό σημείο τής όθόνης, στό όποίο προσιπίτει ή δέσμη τών ηλεκτρονίων, έμφανίζεται ένα φωτεινό «στιγμα» (σχ.47.β).

Όπως φαίνεται στό πλήρες σχήμα τού καθοδικού σωλήνα, μετά τίσ άνόδους ύπάρχουν καί δύο ζεύγη μεταλλικών πλακιδίων, τών πλακιδίων κατακόρυφης άποκλίσεως καί όριζόντιας άποκλίσεως, τά όποία άποτελούν σπουδαιότατα έξαρτήματα τού καθοδικού σωλήνα, γιατί άκριβώς σ' αυτά έφαρμόζονται οί διάφορες τάσεις τών ηλεκτρικών κυκλωμάτων, πού πρόκειται νά έλεγχθούν μέ τόν καθοδικό παλμογράφο.

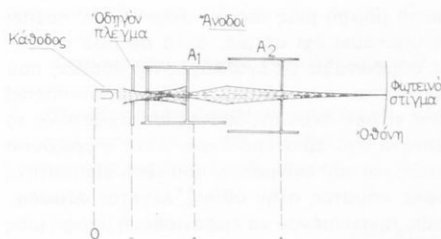


Πραγματικά οι τάσεις, πού πρόκειται να παρατηρηθούν στην οθόνη, εφαρμόζονται στα πλακίδια αυτά, όπως δείχνει τό απλό σχήμα 47 . γ, καί αναγκάζουν τή δέσμη (καί έπομένως καί τό φωτεινό στίγμα τής οθόνης) νά έκτρέπεται (νά άποκλίνει) κάθετα καί όριζόντια, ανάλογα πρός τή συνισταμένη των δυνάμεων έλξεως καί άπωθήσεως, πού άσκούνται στα ήλεκτρόνια τής δέσμης από τά ήλεκτρισμένα πλακίδια. Αύτός είναι ό τρόπος μέ τόν όποίο οι μεταβολές των τάσεων, πού εφαρμόζονται στα πλακίδια, σχηματίζονται στην οθόνη του καθοδικού σωλήνα.

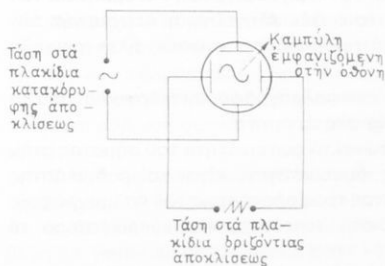
Ή πιό άπλή καμπύλη, πού μπορεί νά παρουσιασθεί στην οθόνη του παλμογράφου, είναι ή ήμιτονική καμπύλη του έναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 47.δ). Για νά έμφανισθεί όμως ή καμπύλη αυτή, άπαιτείται νά δράσουν ταυτόχρονα δύο τάσεις



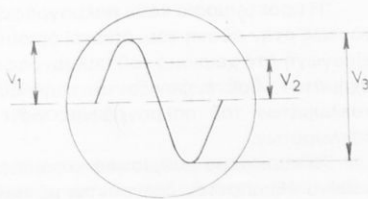
Σχ. 47.α.  
Καθοδικός σωλήνας ή σωλήνας καθοδικών άκτίνων.



Σχ. 47.β.  
Πορεία τής δέσμης των ήλεκτρονίων μέσα στον καθοδικό σωλήνα.



Σχ. 47.γ.



Σχ. 47.δ.  
Μορφή ενός ήμιτονικού κύματος τής οθόνης παλμογράφου καί σχετικά χαρακτηριστικά μεγέθη του  
 $V_1$  = μέγιστη τιμή.  
 $V_2$  = ένδεικνυμένη τιμή.  
 $V_3$  = τιμή από κορυφή σέ κορυφή.

στόν παλμογράφο. Ή μία τάση είναι ή ίδια ή ήμιτονική τάση, πού πρόκειται νά εμφανισθεί στήν οθόνη καί πού εφαρμόζεται στά πλακίδια τής κατακόρυφης απόκλισεως. Ή άλλη είναι μία βοθητική τάση, πού παράγεται μέσα στή συσκευή του παλμογράφου καί έχει «πριονωτή» μορφή, εφαρμόζεται μέσα στή συσκευή όριζόντιας απόκλισεως, γιά νά εξαναγκάσει τό στίγμα νά κινείται όριζόντια (δεξιό-άριστερά) καί ίσοταχώς στήν οθόνη (δηλαδή νά «σαρώνει», όπως λέγεται τήν οθόνη), ώστε νά μπορεί νά αναπτυχθεί καί ή τροχιά τής τάσεως, πού έχει εφαρμοσθεί στά πλακίδια τής κατακόρυφης απόκλισεως (σχ. 47.ε).



Σχ. 47.ε.

Τάση πριονωτής μορφής. Ή τάση αυτή εφαρμόζεται στά πλακίδια όριζόντιας απόκλισεως καί αναγκάζει τό στίγμα νά κινείται δεξιό-άριστερά.

Όστε γιά νά διαγράψει τό στίγμα τή μορφή μιās τάσεως στήν οθόνη, πρέπει απαραίτητα ή ηλεκτρονική δέσμη νά ύπακούει όχι σέ μία, αλλά σέ δυό τάσεις. Πρώτα πρέπει νά κινείται επάνω-κάτω, σύμφωνα μέ τίς εναλλαγές τής τάσεως, πού πρόκειται νά εξετασθεί καί πού εμφανίζεται στήν οθόνη. Καί δεύτερον πρέπει ταυτόχρονα νά κινείται καί όριζόντια από τό δεξιό άκρο τής οθόνης ίσοταχώς πρós τό άριστερό καί νά επιστρέφει πάλι ταχύτατα στό άριστερό άκρο. Αυτή ή όριζόντια ίσοταχής κίνηση τής δέσμης καί συνεπώς καί του στίγματος, πού είναι απαραίτητη γιά τήν εμφάνιση όποιασδήποτε μορφής σήματος στήν οθόνη, λέγεται **σάρωση**.

Ή προετοιμασία κάθε παλμογράφου, προκειμένου νά εμφανισθεί ή μορφή μιās τάσεως στήν οθόνη του, άπαιτεί όρισμένους χειρισμούς. Στήν άσκηση αυτή γίνεται εισαγωγή στό χειρισμό του παλμογράφου καί σύντομη περιγραφή καί έρμηνεία των σχημάτων, πού εμφανίζονται στήν οθόνη του. Δέν εξηγείται ή λειτουργία των κυκλωμάτων του παλμογράφου, γιατί αυτό προϋποθέτει γνώσεις ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Τά κυριότερα ρυθμιστικά «κουμπιά» σέ ένα παλμογράφο καί ή έργασία, πού τό καθένα εξυπηρετεί, εξηγούνται μέ συντομία στά έπόμενα:

**Φωτεινότητα** (Intensity). Αυξάνει ή ελαττώνει τή φωτεινότητα του σήματος στήν οθόνη. Έπίσης, συνήθως στό κουμπί τής φωτεινότητας είναι καί ο διακόπτης άποκαταστάσεως καί διακοπής του κυκλώματος τροφοδοτήσεως του παλμογράφου.

**Έστίαση του στίγματος** (Focus). Καθιστά λεπτότερο καί εύκρινέστερο τό στίγμα στήν οθόνη.

**Κατακόρυφη τοποθέτηση του στίγματος** (Vertical position). Ρυθμίζει πρós τά πάνω ή κάτω τή θέση του στίγματος στήν οθόνη.

**Ήριζόντια τοποθέτηση του στίγματος** (Horizontal position). Ρυθμίζει πρὸς τὰ ἄριστερά ἢ δεξιά τῆ θέσης τοῦ στίγματος.

**Κατακόρυφη ἐνίσχυση τοῦ σήματος** (Vertical gain). Ρυθμίζει τὸ πλάτος τῆς τάσεως τῆς ἐφαρμοζόμενης στά πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως καί ἔτσι κανονίζει τὸ ὕψος τοῦ παλμογραφήματος στὴν ὀθόνη.

**Ήριζόντια ἐνίσχυση** (Horizontal gain). Ρυθμίζει τὸ πλάτος τῆς τάσεως τῆς ἐφαρμοζόμενης στά πλακίδια ὀριζόντιας ἀποκλίσεως καί ἔτσι κανονίζει τὸ πλάτος τοῦ παλμογραφήματος.

**Ήπιλογέας συχνότητας σαρώσεως** (Sweep frequency selector). Ρυθμίζει χονδρικά τὴν περιοχὴ, στὴν ὁποία πρέπει νὰ βρίσκεται ἡ συχνότητα τῆς ὀριζόντιας ἰσοταχοῦς κινήσεως τοῦ στίγματος, δηλαδή ἡ συχνότητα τῆς σαρώσεως.

**Λεπτὴ ρύθμιση τῆς συχνότητας σαρώσεως** (Frequency vernier). Ρυθμίζει μὲ περισσότερη ἀκρίβεια τὴν συχνότητα τῆς σαρώσεως.

**Ήπιλογέας συγχρονισμοῦ** (Synchronization selector). Διορθώνει τὴν συχνότητα τῆς σαρώσεως, ὥστε τὸ παλμογράφημα, πού ἐμφανίζεται στὴν ὀθόνη, νὰ παραμένει ἀκίνητο.

Στοὺς διάφορους τύπους παλμογράφων συναντῶνται τὰ ἴδια σχεδὸν ρυθμιστικά κουμπιά μὲ ἐλαφρὲς ἀλλαγές στὴν ὀνομασία. Ἄκόμα μιά καλὴ κατασκευὴ παλμογράφου θὰ περιλαμβάνει ὀπωσδήποτε καί περισσότερα ρυθμιστικά κουμπιά. Καλὴ ὁμως γνώση ἑνὸς ἀπλοῦ παλμογράφου διευκολύνει στὸν χεiriσμό ὀποιοῦδήποτε τύπου παλμογράφου συνθετώτερης κατασκευῆς.

Ἐκτός ἀπὸ τοὺς ρυθμιστές τῆς λειτουργίας τοῦ παλμογράφου ὑπάρχουν στὴν πρόσοψη τοῦ καί οἱ κατάλληλες ὑποδοχές γιὰ τὴ σύνδεση τῶν σημάτων, πού πρόκειται νὰ ἐμφανισθοῦν στὴν ὀθόνη. Οἱ κυριώτερες ἀπὸ τίς ὑποδοχές αὐτές εἶναι:

**Κατακόρυφη εἴσοδος** (Vertical input). Σ' αὐτὴ τὴν εἴσοδο συνδέεται τὸ πρὸς παρατήρηση σῆμα.

**Ήριζόντια εἴσοδος** (Horizontal input). Ἐδῶ συνδέεται ἐξωτερικὸ σῆμα σαρώσεως, πού πρόκειται νὰ ἐφαρμοσθεῖ στά πλακίδια ὀριζόντιας ἀποκλίσεως, ὅταν δὲν χρησιμοποιεῖται ἐσωτερικὴ σάρωση.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

**Προσοχὴ.** Ἐπάρχει κίνδυνος νὰ «καεῖ» ἡ ὀθόνη τοῦ παλμογράφου, ἂν τὸ στίγμα τῆς παραμένει ἀκίνητο γιὰ μεγάλο χρονικὸ διάστημα.

Μὲ τὸν παλμογράφο χωρὶς τάση:

1. Νὰ τοποθετηθοῦν ὀ ἐπιλογέας συχνότητας σαρώσεως» (Sweep selector) καί ἡ «λεπτὴ ρύθμιση συχνότητας σαρώσεως» (Sweep vernier) στό μέσο τῆς διαδρομῆς τους.

2. Ἐπίσης στό μέσο τῆς διαδρομῆς νὰ τοποθετηθοῦν οἱ ρυθμιστές (τὰ κουμπιά) ὀριζόντιας καί κατακόρυφης ἀποκλίσεως (Horizontal καί Vertical position).

3. Ὁ ἐπιλογέας συγχρονισμοῦ (Synchronization selector) νὰ τοποθετηθεῖ στὴ θέση Int. (Internal, ἐσωτερικός), ὥστε νὰ λειτουργεῖ ὀ ἐσωτερικός συγχρονισμός. Ὁ ἀπλὸς ρυθμιστὴς συγχρονισμοῦ (Sync) νὰ μείνει ἐντελῶς κλειστός.

4. Νὰ τεθεῖ ὀ παλμογράφος ὑπὸ τάση.

Ο ρυθμιστής φωτεινότητας (Intensity) να τοποθετηθεί περίπου στα 3/4 της διαδρομής του· ο ρυθμιστής κατακόρυφης ένισχύσεως (Vertical gain) να τοποθετηθεί σχεδόν στη μέγιστη ένδειξη.

5. Ο ρυθμιστής οριζόντιας ένισχύσεως να τεθεί επίσης στα 3/4 περίπου της διαδρομής του.\*

6. Αφού θερμανθεί για ένα-δύο λεπτά ο παλμογράφος, θά εμφανισθεί στην οθόνη μία οριζόντια φωτεινή εύθεια. Η εύθεια αυτή σχηματίζεται από την ταχύτατη κίνηση του στίγματος δεξιά-άριστερά. Η κίνηση αυτή είναι η σάρωση. Να ρυθμισθούν τα κουμπιά κατακόρυφης και οριζόντιας θέσεως, ώστε η φωτεινή εύθεια να τοποθετηθεί στο μέσο της οθόνης.

7. Νά γίνει λεπτή και εύκρινης ή φωτεινή εύθεια με επέμβαση στους ρυθμιστές φωτεινότητας (Intensity) και έστιάσεως (Focus).

8. Νά ρυθμισθεί τό πλάτος της εύθειας με επέμβαση στό ρυθμιστή της οριζόντιας ένισχύσεως (Horizontal gain).

9. Αφού ο Καθηγητής των Έργαστηρίων ελέγξει τή συντελεσθείσα εργασία, οι μαθητές κάθε ομάδας να ρυθμίσουν από μία φορά τουλάχιστο ο καθένας τό σήμα της σαρώσεως στόν παλμογράφο με τή σειρά εργασίας, πού έκτέθηκε στα προηγούμενα.

10. Νά γίνει εξέταση διαφόρων σημάτων. Για τό σκοπό αυτό να συνδεθεί ένα έναλλασσόμενο σήμα (π.χ. 6,3, βόλτ από μετασχηματιστή) στην κατακόρυφη είσοδο (Vertical input).

11. Νά ρυθμισθούν ο έπιλογέας κατακόρυφης θέσεως (Vertical position selector) και ο κατακόρυφος ένισχυτής (Vertical gain), ώστε τό σήμα να καλύψει τό 80% περίπου της οθόνης σέ ύψος.

12. Νά τοποθετηθεί ο έπιλογέας συχνότητας σαρώσεως (Sweep selector) και να στραφεί τό κουμπί λεπτής ρυθμίσεως της συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier), ώστε να παρουσιασθούν δύο πλήρεις έναλλαγές της τάσεως του σήματος στην οθόνη.

13. Με τό ρυθμιστή συγχρονισμού (Sync) να σταθεροποιηθεί τό σήμα στην οθόνη. Για πλήρη σταθεροποίηση ίσως χρειασθεί επέμβαση και στό μικρομετρικό έπιλογήα συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier). Μετά τή σταθεροποίηση να παρατηρηθούν οι μεταβολές στό σήμα, όταν μεταβάλλονται οι δύο ρυθμιστές συγχρονισμού.

14. Νά γίνει έλεγχος των μεταβολών του σήματος (σέ σταθεροποιημένη εικόνα), όταν μεταβάλλονται οι διάφοροι ρυθμιστές (ένισχύσεως, θέσεως κ.λπ.).

15. Με σταθεροποιημένο τό σήμα στην οθόνη να γίνει επέμβαση στό μικρομετρικό ρυθμιστή συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier), και στόν έπιλογήα συχνότητας σαρώσεως, ώστε να επιτευχθούν στην οθόνη διαδοχικά 1, 2, 3 και 4 έναλλαγές (πλήρη κύματα) της ήμιτονικής καμπύλης.

16. Νά διακοπεί η σάρωση και να συνδεθεί στην οριζόντια είσοδο (Horizontal input) έξωτερικό ήμιτονικό σήμα από ένα ταλαντωτή χαμηλών συχνοτήτων. Νά δοθούν διαδοχικά στην οριζόντια είσοδο συχνοτήτες 50, 100, 200 κ.λπ. Hz. Στην κατακόρυφη είσοδο παραμένει τό ήμιτονικό σήμα από τό μετασχηματιστή των 6,3 V. Νά παρατηρηθούν τά σχηματιζόμενα παλμογραφήματα (σχήματα Lissajous).

## ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΣΤΟΡ

Στήν άσκηση 15 εξετάσθηκε τό θέμα μεταβολής τής αντίστασσεως τών διαφόρων άγωγιμων ύλικών μέ τή θερμοκρασία. Γενικά, ή μεταβολή αύτή είναι εξαιρετικά μικρή γιά τά συνηθισμένα ύλικά καί τίς περισσότερες από τίς περιπτώσεις οί τιμές τών ώμικών αντίστασεων θεωρούνται σταθερές. Ύπάρχουν όμως κυκλώματα, στά όποία άπαιτείται σημαντική αύξηση ή έλάττωση τής τιμής μιάς αντίστασσεως μέ τίς μεταβολές τής θερμοκρασίας. Στίς περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται ειδικές αντίστασεις, πού λέγονται **θερμίστορ**.

Τά θερμίστορ είναι πολύ εύαισθητες στίς μεταβολές τής θερμοκρασίας αντίστασεις. Άνήκουν στήν κατηγορία τών **ήμιαγωγών** (ήμιαγωγοί είναι σώματα πού έχουν ιδιότητες μεταξύ άγωγών καί μονωτικών). Τό βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ή μεγάλη μεταβολή τής αντίστασσεώς τους μέ τή θερμοκρασία. Λόγω τής μεταβολής αύτης τής αντίστασσεως μέ τή θερμοκρασία, τά θερμίστορ λέγονται καί **μή γραμμικές αντίστασεις**, τό χαρακτηριστικό δέ αύτό τά καθιστά πολύ χρήσιμα γιά ουσήματα έλέγχου κυκλωμάτων.

Τά θερμίστορ έχουν μικρό μέγεθος καί βάρος καί έργάζονται τόσο σέ κυκλώματα συνεχούς όσο καί έναλλασσόμενου ρεύματος.

Τά περισσότερο χρησιμοποιούμενα θερμίστορ είναι εκείνα, πού παρουσιάζουν μεγάλο άρνητικό συντελεστή αντίστασσεως, πράγμα πού σημαίνει ότι ή αντίστασή τους ελαττώνεται πολύ, όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία, καί αντίθετως, ή αντίστασή τους αύξάνεται πολύ, όταν ή θερμοκρασία ελαττώνεται. Ύπάρχουν επίσης καί θερμίστορ μέ θετικό θερμικό συντελεστή αντίστασσεως.

Στό διάγραμμα του σχήματος 48.α φαίνονται οί χαρακτηριστικές καμπύλες μεταβολής τής αντίστασσεως μέ τή θερμοκρασία: α) Ένός θερμίστορ καί β) διαφόρων άλλων ύλικών.

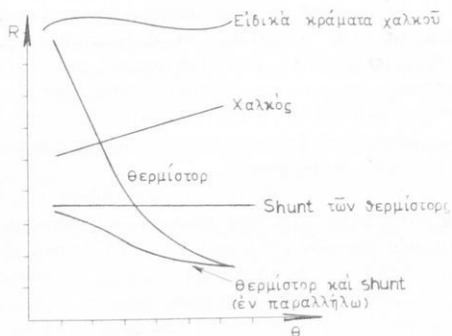
Πρακτική έκμετάλλευση τών ιδιοτήτων τών θερμίστορ γίνεται σέ διάφορα κυκλώματα ραδιοφώνων καί τηλεοράσεως. Κλασσικό παράδειγμα είναι ή σύνδεση ενός θερμίστορ σέ σειρά μέ τά νήματα τών λυχνιών ενός ραδιοφώνου, ή δέκτη τηλεοράσεως όπως φαίνεται στό κύκλωμα του σχήματος 48.β.

“Όταν άποκαθίσταται τό κύκλωμα, κυκλοφορεί ρεύμα στά νήματα τών λυχνιών, πού είναι άκόμα ψυχρά. Λόγω τής μικρής αντίστασσεως, πού παρουσιάζουν τά νήματα σέ ψυχρή κατάσταση, ή ένταση του ρεύματός τους είναι μεγάλη καί τά νήματα καταπονούνται. “Αν όμως συνδεθεί ένα θερμίστορ σέ σειρά μέ τά νήματα, τό άρχικό ρεύμα περιορίζεται, γιατί ή αντίσταση του θερμίστορ έν ψυχρώ είναι μεγάλη. “Όταν δέ στή συνέχεια τά νήματα καί τό θερμίστορ θερμανθούν, ή μέν

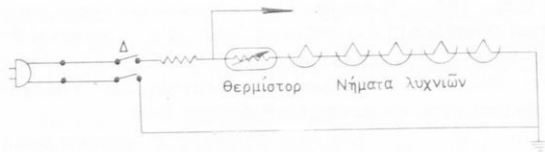
άντισταση τῶν νημάτων αὐξάνεται, ἡ δὲ αντίσταση τοῦ θερμίστορ ἐλαττώνεται, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ὅλική ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος, νημάτων λυχνιῶν καὶ θερμίστορ, νά παραμένει σταθερή. Ἔτσι δέν κινδυνεύουν οἱ λυχνίες ἀπὸ τὸ μεγάλο ρεῦμα, πού θά διέρρεε τὰ νήματά τους κατὰ τὴν ἀρχικὴ σύνδεση.

Τὰ θερμίστορ ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται σέ:

1. Κυκλώματα ἀγγελίας ἐνάρξεως πυρκαϊᾶς.
2. Πυρόμετρα.
3. Κυκλώματα ἐλέγχου κενοῦ.
4. Διάφορους αὐτόματους θερμικούς διακόπτες.
5. Ὀργανα ἐλέγχου στάθμης καὶ ροῆς ὑγρῶν.
6. Ἀνιχνευτές διαφυγῆς ἀερίων κ.λπ.



Σχ. 48.α.



Σχ. 48.β.

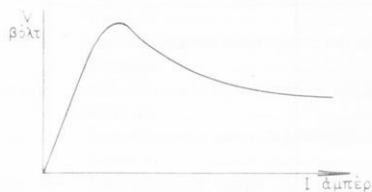
Μὲ τὴ βοήθεια ἀντιστάσεων θερμίστορ, πού συνδέονται σὲ εἰδικὰ κυκλώματα, μποροῦν νά πραγματοποιηθοῦν μετρήσεις μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας μέχρι καὶ 0,001 τοῦ ἑνός βαθμοῦ Κελσίου.

Ἡ χαρακτηριστικὴ καμπύλη μεταβολῆς τοῦ ρεύματος μὲ ἓνα θερμίστορ, σὲ συνάρτηση μὲ τὴν ἀντίστοιχη μεταβολὴ τῆς τάσεως στὰ ἄκρα του, λέγεται **στατική χαρακτηριστική** καὶ ἔχει τὴ μορφή τῆς καμπύλης τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 48.γ.

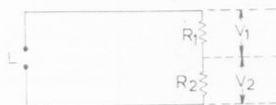
Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δράσεως ἑνός θερμίστορ στὸ κύκλωμα, στὸ ὅποιο αὐτὸ συνδέεται, δέν ἐκδηλώνεται ἀμέσως, ἀλλὰ ὕστερα ἀπὸ μικρὸ χρονικὸ διάστημα. Τὸ

ύλικο, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το θερμίστορ, καθώς και ο όγκος του, καθορίζουν το χρονικό αυτό διάστημα. Ένα μικρό σε όγκο θερμίστορ θερμαίνεται ή χάνει θερμότητα σε συντομώτερο χρόνο από ένα μεγάλο.

Οι μεταβολές της τάσεως στα άκρα ενός θερμίστορ, που συνδέεται σε σειρά σε κύκλωμα, συναρτήσεσι του χρόνου (όταν η τάση της πηγής παραμένει σταθερή) δίνουν τη **δυναμική χαρακτηριστική** του.



Σχ. 48.γ.



Σχ. 48.δ.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Νά πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 48.δ και νά μετρηθούν με ώμόμετρο οι αντίστασεις του ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ), όταν αυτό βρίσκεται εκτός τάσεως (ψυχρή κατάσταση).

2. Νά τροφοδοτηθεί το κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως από πηγή ρυθμιζόμενης τάσεως, συνεχούς ή εναλλασσόμενης. Νά εφαρμοσθεί πρώτα τάση 50 V και νά μετρηθούν άμέσως οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ) στα άκρα των αντίστασεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ).

3. Αφού παραμείνει το κύκλωμα συνεχώς για πέντε λεπτά υπό τάση, νά μετρηθούν πάλι οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ). Όλες οι ένδειξεις των μετρήσεων νά γραφούν στον ακόλουθο πίνακα:

Αντίσταση	Αρχική τάση	Τάση μετά 5 λεπτά
$R_1 =$	$V_1 =$	$V_1 =$
$R_2 =$	$V_2 =$	$V_2 =$

4. Στο προηγούμενο κύκλωμα νά αντικατασταθεί η ( $R_1$ ) με ένα θερμίστορ. Νά τροφοδοτηθεί το κύκλωμα με τάση 20 V και νά μετρηθούν οι τάσεις ( $V_\theta$ ) (στά άκρα του θερμίστορ) και ( $V_2$ ).

5. Οι μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως νά επαναληφθούν σε χρόνους: 0,5 — 1 — 1,5 — 2 — 2,5 — 3 — 4 και 5 λεπτών από την αρχική σύνδεση. Οι ένδειξεις των μετρήσεων νά γραφούν στον επόμενο πίνακα.

6. Νά άποσυνδεθεί η πηγή και νά μετρηθεί άμέσως η αντίσταση, που παρουσιάζει το θερμίστορ.

7. Αφού περάσει άρκετός χρόνος (περίπου 10 λεπτά), ώστε νά «κρυώσει» τό

θερμίστορ, να συνδεθεί πάλι τό κύκλωμα, νά εφαρμοσθεῖ τάση 50 V καί νά πραγματοποιηθοῦν οἱ ἴδιες μετρήσεις, ὅπως στήν περίπτωση 5. Οἱ ἐνδείξεις τῶν μετρήσεων νά γραφοῦν στίς σχετικές στήλες τοῦ προηγούμενου πίνακα.

Χρόνος (λεπτά)	Τάση πηγῆς = 20 V		Τάση πηγῆς = 50 V	
	$V_{\theta}$	$V_2$	$V_{\theta}$	$V_2$
0				
0,5				
1				
1,5				
2				
2,5				
3				
4				
5				

8. Νά ἐπαναληφθεῖ ἡ μέτρηση τῆς ἀντιστάσεως τοῦ θερμίστορ, ὅπως στήν περίπτωση 6. Νά συγκριθεῖ τό ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως μέ ἐκεῖνο τῆς περιπτώσεως 6, καθώς καί τῆς ἀντιστάσεως τοῦ θερμίστορ σέ ψυχρή κατάσταση.

9. Ἀπό τίς μετρήσεις τῶν περιπτώσεων 5 καί 7 νά χαραχθοῦν, στό ἴδιο διάγραμμα, οἱ δυναμικές χαρακτηριστικές τοῦ θερμίστορ γιά τίς διαφορετικές τάσεις τροφοδοτήσεώς του, τῶν 20 καί 50 V.

10. Ποιά ἡ τιμή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τό θερμίστορ, ὅταν αὐτό βρίσκεται σέ ψυχρή καί σέ θερμή κατάσταση;



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

"Ασκηση 1.	Μέτρηση τάσεως .....	4
	Έργασία .....	4
"Ασκηση 2.	Μέτρηση έντάσεως ρεύματος .....	7
	Έργασία .....	8
"Ασκηση 3.	Μέτρηση αντίστασεων .....	10
	Έργασία .....	12
"Ασκηση 4.	Ήλεκτρολογικά εξαρτήματα και σύμβολα .....	14
	Έργασία .....	14
"Ασκηση 5.	Ραδιοτεχνικά εξαρτήματα και σύμβολα .....	17
	Έργασία .....	17
"Ασκηση 6.	Ήλεκτρικό κύκλωμα - Νόμος του Ωμ .....	20
	Έργασία .....	21
"Ασκηση 7.	Ήλεκτρικό κολλητήρι .....	24
	Έργασία .....	27
"Ασκηση 8.	Ήλεκτρικό κύκλωμα .....	28
	Έργασία .....	28
"Ασκηση 9.	Ήλεκτρικό κύκλωμα .....	32
	Έργασία .....	32
"Ασκηση 10.	Ήλεκτρικό κύκλωμα .....	35
	Έργασία .....	35
"Ασκηση 11.	Προορισμός της τιμής αντίστασης από τό νόμο του Ωμ .....	38
	Έργασία .....	40
"Ασκηση 12.	Μέτρηση αντίστασεων .....	42
	Έργασία .....	43
"Ασκηση 13.	Συνδεσμολογίες ηλεκτρικών πηγών .....	45
	Έργασία .....	47
"Ασκηση 14.	Υπολογισμός και κατασκευή προστατευτικής αντίστασης .....	50
	Έργασία .....	52
"Ασκηση 15.	Μεταβολή αντίστασης μέ τη θερμοκρασία .....	54
	Έργασία .....	55
"Ασκηση 16.	Κανόνες Κίρχωφ .....	57
	Έργασία .....	59
"Ασκηση 17.	Διαιρέτης τάσεως .....	61
	Έργασία .....	64
"Ασκηση 18.	Κυκλώματα διαιρέτων τάσεων .....	66
	Έργασία .....	67
"Ασκηση 19.	Διαιρέτης ρεύματος .....	69
	Έργασία .....	72
"Ασκηση 20.	Άμπερόμετρα .....	74
	Έργασία .....	77
"Ασκηση 21.	Βολτόμετρα .....	79
	Έργασία .....	81
"Ασκηση 22.	Ωμόμετρα .....	83
	Έργασία .....	86
"Ασκηση 23.	Πολύμετρα .....	88
	Έργασία .....	90
"Ασκηση 24.	Γέφυρα Γουϊνστον (Wheatstone) .....	92

	Έργασία .....	93
"Άσκηση 25.	Ίσχύς - Ενέργεια - Βαθμός αποδόσεως .....	95
	Έργασία .....	96
"Άσκηση 26.	Προσαρμογή πηγής προς τό φορτίο που τροφοδοτεί .....	99
	Έργασία .....	105
	Ηλεκτρικές ασκήσεις .....	108
"Άσκηση 27.	Συνδεσμολογία άπλου φωτιστικού σημείου .....	108
	Έργασία .....	108
"Άσκηση 28.	Συνδεσμολογία με διακόπτη έναλλαγής (commutateur) .....	110
	Έργασία .....	111
"Άσκηση 29.	Συνδεσμολογία με διακόπτες επιστροφής (aller-retour) .....	112
	Έργασία .....	113
"Άσκηση 30.	Έγκατάσταση ηλεκτρικής κουζίνας .....	114
	Έργασία .....	115
"Άσκηση 31.	Έγκατάσταση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα .....	116
	Έργασία .....	116
"Άσκηση 32.	Αύτεπαγωγή πηνίου .....	118
	Έργασία .....	119
"Άσκηση 33.	Πηνίο και αντίσταση εν σειρά .....	121
	Έργασία .....	123
"Άσκηση 34.	Ήλεκτρομαγνητική έπαγωγή και άμοιβαία έπαγωγή .....	125
	Έργασία .....	125
"Άσκηση 35.	Μετασχηματιστές .....	127
	Έργασία .....	130
"Άσκηση 36.	Αύτεπαγωγές (πηνία) έν σειρά και παράλληλα .....	132
	Έργασία .....	133
"Άσκηση 37.	Χωρητικότητα πυκνωτή .....	135
	Έργασία .....	136
"Άσκηση 38.	Πυκνωτής και αντίσταση έν σειρά .....	138
	Έργασία .....	139
"Άσκηση 39.	Χωρητικότητες (πυκνωτές) παράλληλοι και έν σειρά .....	141
	Έργασία .....	143
"Άσκηση 40.	Κύκλωμα άντιστάσεως πηνίου και πυκνωτή έν σειρά .....	145
	Έργασία .....	148
"Άσκηση 41.	Συntonισμός κυκλώματος RLC έν σειρά .....	150
	Έργασία .....	152
"Άσκηση 42.	Συntonισμός κυκλώματος RLC συνδεόμενου παράλληλα .....	154
	Έργασία .....	156
"Άσκηση 43.	Ίσχύς στό έναλλασσόμενο ρεύμα .....	158
	Έργασία .....	160
"Άσκηση 44.	Βαττόμετρα .....	162
	Έργασία .....	163
"Άσκηση 45.	Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας .....	165
	Έργασία .....	166
"Άσκηση 46.	Βελτίωση του συντελεστή ισχύος (συνΦ) .....	167
	Έργασία .....	168
"Άσκηση 47.	Παλμογράφος .....	170
	Έργασία .....	173
"Άσκηση 48.	Άντιστάσεις θερμίστορ .....	175
	Έργασία .....	177



0020558232



