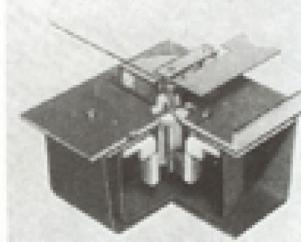
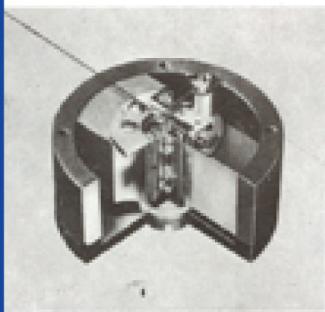
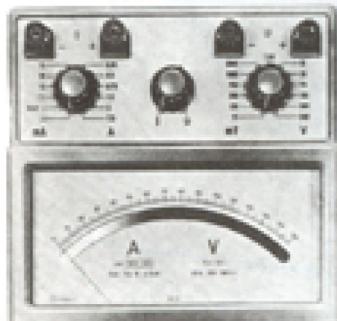




# ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Ι

**Σ. Κοντοράβδη**

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ M.S.





# ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Ι

ΤΕΥΧΟΣ Α'

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

ΑΘΗΝΑ  
1998

**Α' ΕΚΔΟΣΗ 1978**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην

απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

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

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

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΑΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς, Πρόεδρος.  
Ιωάννης Τεγόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠΙ.

Ιωάννης Τζαβάρας, αντινταμαρχος Λ.Σ. (Ε.Α.).

Δημήτριος Βασιλάκης, πλοιάρχος Λ.Σ., Διευθ. Ναυτ. Εκπ. Υ.Ε.Ν.

Σύμβουλος επί των εκδόσεων του Ιδρύματος Κών. Μανάφης, καθηγ. Φιλοσοφικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, Γεώργιος Ανδρεάκος.

## ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Σκοπός των Εργαστηριακών Ασκήσεων 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 συνειδήσεως, για την κατανόηση και λύση διαφόρων σχετικών προβλημάτων.

Για τη σωστή εκτέλεση των ασκήσεων απαιτείται η μελέτη του θεωρητικού τους μέρους σύμφωνα με τη θεωρία που προηγείται σε κάθε άσκηση και με τις σχετικές οδηγίες και παραπομπές σε βιβλία, που σε κάθε περίπτωση μπορεί να δίνει ο καθηγητής. Θεωρείται απαραίτητο ο μαθητής να έχει από πριν κατανοήσει το θέμα, που πραγματεύεται η άσκηση, που πρόκειται να εκτελεσθεί γιατί, αν το θέμα είναι πλήρως γνωστό, η διεξαγωγή της ασκήσεως πραγματοποιείται άνετα και οι θεωρητικές ερωτήσεις, που υποβάλλονται στο τέλος της ασκήσεως, είναι δυνατόν να απαντηθούν ορθά.

Επίσης ο ασκούμενος μαθητής πρέπει να γνωρίζει την ορθή χρήση των οργάνων μετρήσεως και ελέγχου, που θα χρησιμοποιήσει. Η εσωτερική κατασκευή και η λειτουργία των οργάνων αυτών εξηγούνται με λεπτομέρειες σε ειδικές ασκήσεις του βιβλίου αυτού. Όσπου όμως να πραγματοποιηθούν οι ειδικές ασκήσεις περί των οργάνων, όλοι οι μαθητές πρέπει να θυμούνται ότι:

1. Η τοποθέτηση των ακροδεκτών οιουδήποτε οργάνου (αμπερομέτρου, βολτομέτρου κλπ.) στα σημεία, στα οποία πρόκειται να πραγματοποιηθεί η μέτρηση, πρέπει να γίνεται με προσοχή και με την ορθή πολικότητα, στην περίπτωση που μετρούμε συνεχές μέγεθος.
2. Δεν επιτρέπεται τα δάχτυλα να αγγίζουν τα μεταλλικά μέρη των ακροδεκτών.
3. Καλό είναι να αποφεύγεται η ταυτόχρονη τοποθέτηση και των δύο ακροδεκτών, στα προς μέτρηση σημεία χρησιμοποιώντας και τα δύο χέρια. Πρέπει πρώτα να τοποθετείται και να στερεώνεται ο ένας ακροδέκτης και έπειτα ο άλλος.
4. Δεν πρέπει να επιχειρείται μέτρηση αντιστάσεως με ωμόμετρο σε κύκλωμα, που βρίσκεται υπό τάση. **To ωμόμετρο χρησιμοποιείται μόνο σε κυκλώματα εκτός τάσεως.**
5. Για τη μέτρηση ρεύματος διακόπτεται το κύκλωμα σε ένα σημείο και παρεμβάλλεται το αμπερόμετρο εν σειρά στο κύκλωμα.
6. Προκειμένου να διακοπεί ένα κύκλωμα, για να παρεμβληθεί αμπερόμετρο προς μέτρηση της εντάσεως του ρεύματος στο σημείο αυτό, πρέπει να διακόπτεται προηγουμένως η παροχή ρεύματος με το διακόπτη του κυκλώματος ή, καλύτερα, να αποσυνδέεται ο ρευματολήπτης (φίς) ψυσκευής που ελέγχομε από το ρευματοδότη (πρίζα).
7. Εάν ένα όργανο χρησιμοποιείται για πρώτη φορά, πρέπει προηγουμένως να εξετάζεται με λεπτομέρεια, να αναγνωρίζονται όλες οι κλίμακες και τα ιδιαίτερα του χαρακτηριστικά.

## Σφάλματα κατά τις Μετρήσεις.

Σε όλες τις μετρήσεις γίνονται σφάλματα που οφείλονται σε διάφορες αιτίες. Στις μετρήσεις που απαιτούνται κατά τη διεξαγωγή των ασκήσεων αυτού του βιβλίου, τα **μικρά** σφάλματα, που θα συμβούν είτε επειδή η ποιότητα κάποιου οργάνου δεν ήταν καλή, είτε επειδή δεν έγινε σωστά η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων μετρήσεως από τους μαθητές, δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στη βασική επιδιωξη του σκοπού για τον οποίο διεξάγονται αυτές οι ασκήσεις, όπως στην αρχή καθορίζεται.

Πάντως όσοι θα ακολουθήσουν τις ειδικότητες Ηλεκτρολόγου ή Ηλεκτρονικού, μέχρι που να διδαχθούν στις επόμενες τάξεις του Λυκείου τα περί σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις, πρέπει να γνωρίζουν ότι οι αιτίες των σφαλμάτων οφείλονται:

α) Στις ατέλειεις του ίδιου του οργάνου, τόσο του βασικού, όσο και των επί μέρους κυκλωμάτων του· οι ατέλειεις αυτές κυρίως οφείλονται στην ποιότητα των υλικών κατασκευής των οργάνων.

Πάντως τα όργανα ενδείξεων με κινητή βελόνα πρέπει να χρησιμοποιούνται (αν αυτό είναι δυνατό) σε τέτοια κλίμακα, ώστε η ένδειξη τους να δίνεται στο τελευταίο τρίτο της κλίμακας· τότε η ακρίβεια είναι μεγαλύτερη.

β) Σε εξωτερικές επιδράσεις, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, οι επιδράσεις ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων κλπ.

γ) Στη μέθοδο που χρησιμοποιείται κατά τη μέτρηση. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η μέθοδος που χρησιμοποιείται σε μια μέτρηση (τρόπος συνδεσμολογίας των οργάνων και επιδράσεις από το ένα στο άλλο) εισάγει ένα αναπόφευκτο σφάλμα και το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι να το ελαττώσουμε όσο γίνεται περισσότερο.

δ) Στη μη σωστή χρησιμοποίηση του οργάνου από τον ασκούμενο, π.χ. κακή εκλογή κλίμακας, λανθασμένη τοποθέτηση του οργάνου (οριζόντια ή κάθετα) και τέλος μη ορθή ανάγνωση των ενδείξεων από το μαθητή.

### Η σειρά εργασίας για την εκτέλεση κάθε ασκήσεως.

—Πριν από οποιαδήποτε συνδεσμολογία εκλέγεται η θέση των συσκευών και των οργάνων της ασκήσεως επάνω στον πάγκο εργασίας έτσι, ώστε και οι συνδέσεις να διευκολύνονται και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων από όλους τους μαθητές της ομάδας.

— Ακολουθεί ο έλεγχος της δυνατότητας κάθε οργάνου να εξυπηρετήσει στη συγκεκριμένη μέτρηση και εκλέγεται η κατάλληλη κλίμακα. Ακολούθως:

α) Γίνεται η συνδεσμολογία από την ασκούμενη ομάδα, χωρίς όμως να εφαρμοσθεί καμιά τάση στο κύκλωμα.

β) Η συνδεσμολογία ελέγχεται από τον καθηγητή του Εργαστηρίου.

γ) Εφ' όσον η συνδεσμολογία είναι ορθή και δοθεί έγκριση του καθηγητή, εφαρμόζεται τάση στο κύκλωμα.

—Μόλις εφαρμοσθεί τάση, ελέγχονται οι δείκτες των οργάνων μήπως η απόκλισή τους υπερβαίνει τα όρια της κλίμακας, οπότε τα όργανα κινδυνεύουν. Εάν συμβαίνει αυτό, πρέπει να διακοπεί αμέσως η τάση που εφαρμόσθηκε και να ειδοποιηθεί ο καθηγητής.

—Όταν η συνδεσμολογία θα έχει γίνει κανονικά, εκτελούνται με προσοχή οι μετρήσεις.

—Μετά την εκτέλεση των μετρήσεων, τις οποίες ζητεί η άσκηση, αποσυνδέεται η πηγή, γίνονται οι ζητούμενοι υπολογισμοί, χαράζονται, αν ζητούνται, τα σχετικά διαγράμματα ή καμπύλες και, αν τα αποτελέσματα ικανοποιούν, ακολουθεί η πλήρης αποσύνδεση του κυκλώματος. Διαφορετικά οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται.

—Οι μετρήσεις ουδέποτε πρέπει να γίνονται από ένα μόνο ασκούμενο. Όλοι οι μαθητές κάθε ομάδας επιβάλλεται να εκτελούν εκ περιτροπής τις μετρήσεις από την πρώτη ήδη άσκηση.

—Μια περιγραφή της όλης εργασίας της ασκήσεως, γραμμένη κατά τη σειρά της εκτελέσεως στο τετράδιο, με τις μετρήσεις και τα διαγράμματα καλά τακτοποιημένα, είναι η απαραίτητη συμπλήρωση της εργασίας του εργαστηρίου.

Στην περιγραφή αυτή πρέπει:

α) Ο μαθητής να περιγράφει με λίγα λόγια τη θεωρία της ασκήσεως.

β) Να σχεδιάζει ένα πλήρες και καθαρό κύκλωμα της συνδεσμολογίας.

γ) Να αναφέρει τα όργανα, που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις και, με συντομία, να περιγράφει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε οργάνου.

δ) Εάν οι μετρήσεις εκφράζουν μια μεταβαλλόμενη κατάσταση, που μπορεί να παρασταθεί με γραφική μέθοδο, χαράζει τη σχετική χαρακτηριστική καμπύλη με επεξηγηματικές σημειώσεις.

ε) Πρέπει να προβαίνει επίσης σε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων προς τη θεωρία και να δικαιολογεί τις διαφορές, που τυχόν προκύπτουν.

στ) Όλες οι απαντήσεις στις ερωτήσεις πρέπει να είναι πλήρεις. Να δικαιολογεί επαρκώς όσα γράφει και να αποφεύγει τα απλά «ναι» ή «όχι»

### Ο μαθητής στο εργαστήριο.

Τέλος η συμπεριφορά των μαθητών στο Εργαστήριο πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτική. Μια απροσεξία ή συνηθισμένη μαθητική αμέλεια πιθανόν να προκαλέσει ζημιές στα χρησιμοποιούμενα όργανα και ηλεκτροπληξίες στους ασκούμενους.

Οποιοσδήποτε εργάζεται με τον ηλεκτρισμό διατρέχει κινδύνους, όταν δεν προσέχει. Οι μαθητές πρέπει να εκτελούν μόνο ότι ζητεί η άσκηση. Να μη εγκαταλείπουν την ομάδα, στην οποία εργάζονται, ούτε το Εργαστήριο χωρίς άδεια του καθηγητή τους, ούτε να πειραματίζονται σε άλλα θέματα, εκτός από εκείνα που ζητεί η άσκηση της ημέρας.

Σε πολλές ασκήσεις χρησιμοποιούνται μεγάλες τάσεις. Απαιτείται λοιπόν ιδιαίτερη προσοχή. Μια τάση ακόμα και 60 βολτ, μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο, το δε μέγεθος του κινδύνου εξαρτάται από τις ειδικές περιστάσεις που επικρατούν κάθε φορά. Ο Κανονισμός των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων που ισχύει σήμερα, στο άρθρο 8, παράγραφος 1.2α, «περί προστασίας έναντι των υπό τάσιν στοιχείων» δύριζει:

«Το δια του ανθρωπίνου σώματος δυνάμενον να διέλθει ρεύμα λόγω τάσεως εξ επαφής, συχνότητος 50 περιόδων, να μην υπερβαίνει τα 0,5 mA».

Δηλαδή, κατά τον κανονισμό, και ρεύμα εντάσεως 0,0005 του αμπέρ είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο.

‘Όταν κανείς εργάζεται στο Εργαστήριο, πρέπει να θυμάται πάντοτε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν προειδοποιεί. Κυκλοφορεί αμέσως εκεί όπου βρίσκει εύκολη δίοδο. Προσοχή λοιπόν, ώστε να μην υπάρξει ελεύθερη δίοδος, μέσα από το ανθρώπινο σώμα.

## ΑΣΚΗΣΗ 1

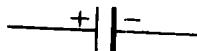
### ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΣΕΩΣ

Το όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της τάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, συνεχούς ή εναλλασσόμενου λέγεται **βολτόμετρο**. Μονάδα μετρήσεως της τάσεως είναι το **βολτ** (volt, σύμβολο V). Μέχρι που ο ασκούμενος να συνηθίσει να χρησιμοποιεί με ευχέρεια τα βολτόμετρα, απαιτείται μεγάλη προσοχή, γιατί μια βιαστική και όχι καλά μελετημένη συνδεσμολογία μπορεί να προξενήσει ζημιές στα χρησιμοποιούμενα όργανα ή και ηλεκτροπληξία στον χειριζόμενο αυτά.

Ένα είδος ηλεκτρικής πηγής συνεχούς ρεύματος για την παραγωγή μικρών τάσεων, και κυρίως μικρών ρευμάτων, είναι τα ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία, περισσότερο γνωστά με τα ονόματα **στήλες** ή **μπατταρίες**.

Κάθε ηλεκτρικό στοιχείο κατασκευάζεται για να παρέχει τάση 1,5 V με μικρή παροχή ρεύματος. Για την εξασφάλιση μεγαλυτέρων τάσεων συνδέονται περισσότερα τέτοια βασικά στοιχεία εν σειρά. Συνδεσμολογία πολλών βασικών στοιχείων εν παραλλήλω μεταξύ τους δίνει πηγή με την ίδια τάση προς το βασικό στοιχείο, με μεγαλύτερη όμως παροχή ρεύματος. Συνδυασμοί ηλεκτρικών στοιχείων εν σειρά και εν παραλλήλω εξασφαλίζουν διάφορες επιθυμητές συνεχείς τάσεις και ρεύματα.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος συμβολισμού ενός στοιχείου είναι ο εξής:



Η μεγάλη κάθετη γραμμή αντιστοιχεί στο θετικό πόλο (στο συν) και η μικρή παχειά γραμμή στον αρνητικό πόλο (στο πλην).

Με τη βοήθεια των οδηγιών που δίνονται παρακάτω, και με τον έλεγχο του καθηγητή του Εργαστηρίου, να πραγματοποιηθούν διάφοροι συνδυασμοί συνδεσμολογίας ηλεκτρικών στοιχείων και να μετρηθούν οι τάσεις, τις οποίες παρέχουν οι συνδυασμοί αυτοί. Επίσης να μετρηθεί η τάση του δικτύου της πόλεως (εναλλασσόμενη τάση 220 V).

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να σχεδιασθούν στο τετράδιο οι διάφορες κλίμακες τάσεων του βολτομέτρου της ασκήσεως.

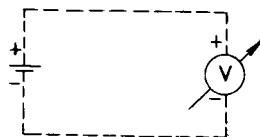
2. Ποιες οι περιοχές τάσεων, που μπορεί να μετρήσει κάθε κλίμακα του βολτομέτρου;

3. Ποια η μέγιστη τάση, συνεχής ή εναλλασσόμενη, που μπορεί να μετρηθεί με τό βολτόμετρο της ασκήσεως;

4. Να μετρηθούν οι τάσεις των διαφόρων ηλεκτρικών στοιχείων, τα οποία δίνονται στην άσκηση αυτή. Για κάθε μέτρηση πρέπει να εκλέγεται η κατάλληλη κλίμακα.

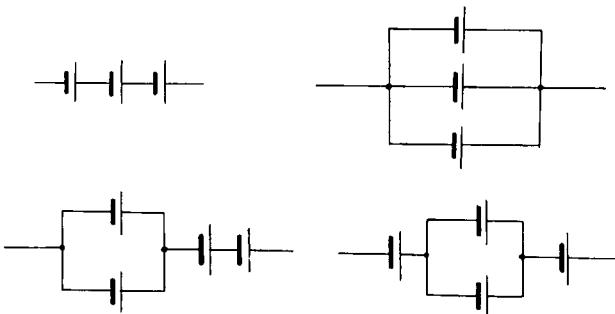
Κατά την εκλογή της κλίμακας είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη ότι, για να είναι η ένδειξη περισσότερο ακριβής, πρέπει ο δείκτης (βελόνα) του οργάνου να ηρεμεί στα τελευταία 2/3 της χρησιμοποιούμενης κλίμακας.

Η εκλογή της κλίμακας εξαρτάται από τον τύπο του βολτομέτρου και πραγματοποιείται με την ορθή τοποθέτηση του διακόπτη του οργάνου ή με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων υποδοχών για τους ακροδέκτες του. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην πολικότητα του οργάνου κατά τη συνδεσμολογία. Στο σχήμα 1.α εικονίζεται ο ορθός τρόπος συνδέσεως του βολτομέτρου για τη μέτρηση συνεχούς τάσεως μιας ηλεκτρικής πηγής.



Σχ. 1.α.

5. Να πραγματοποιηθούν συνδυασμοί ηλεκτρικών στοιχείων, όπως ορίζουν τα σχέδια του σχήματος 1.β, και να μετρηθούν με τα βολτόμετρα οι τάσεις, που παρέχει κάθε συνδυασμός. Επίσης για κάθε συνδυασμό να υπολογισθεί η παρεχόμενη τάση στα άκρα του. Να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο περιπτώσεων και να δικαιολογηθούν οι διαφορές που τυχόν προκύπτουν.



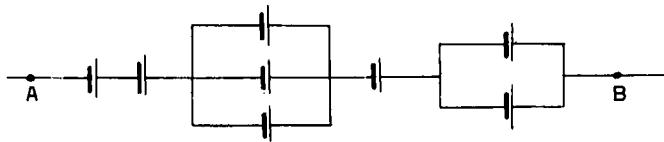
Σχ. 1.β.

6. Να εκλεγεί η κατάλληλη κλίμακα του βολτομέτρου για τη μέτρηση της τάσεως του δικτύου της πόλεως (εναλλασσόμενη τάση 220 V). Να γίνει από τον καθηγητή του Εργαστηρίου ο έλεγχος και η έγκριση της κλίμακας που εκλέξατε και να μετρηθεί η τάση. Επίσης να γίνουν μετρήσεις των διαφόρων τάσεων συνεχών και εναλλασσομένων, που παρέχονται από κάποια συσκευή του Εργαστηρίου.

7. Ποια η σχέση τάσεων και ρευμάτων που παρέχονται από ηλεκτρικά στοιχεία, όταν αυτά συνδέονται εν σειρά ή εν παραλλήλω μεταξύ τους;

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

9. Να υπολογισθεί (θεωρητικά, χωρίς συνδεσμολογίες στοιχείων) η επικρατούσα τάση στα áκρα (A) και (B) του συνδυασμού του σχήματος 1.γ. Η τάση κάθε στοιχείου είναι 1,5 V.



Σχ. 1.γ.

10. Αν το óργανο που χρησιμοποιείται στην áσκηση δεν είναι απλό βολτόμετρο αλλά πολύμετρο, σημειώστε ποια áλλα μεγέθη μπορεί να μετρήσει αυτό.

## ΑΣΚΗΣΗ 2

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Το όργανο, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της εντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, συνεχούς ή εναλλασσόμενου, λέγεται **αμπερόμετρο**. Μονάδα μετρήσεως της εντάσεως είναι το **αμπέρ** (ampère, σύμβολο A).

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα των εγκαταστάσεων φωτισμού και κινήσεως διαρρέονται γενικά από ρεύματα ισχυρών εντάσεων. Αντίθετα, στα μικρά ηλεκτρολογικά κυκλώματα, καθώς και σε όλα τα ραδιοτεχνικά και γενικά τα ηλεκτρονικά, κυκλοφορούν συνήθως ρεύματα μικρής εντάσεως. Για το λόγο αυτό, εκτός από το αμπέρ, χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές και τα υποπολλαπλάσια του, τα οποία είναι:

- a) Το μιλλιαμπέρ: 1 αμπέρ (A) = 1000 μιλλιαμπέρ (mA).
- β) Το μικροαμπέρ: 1 αμπέρ (A) = 1.000.000 μικροαμπέρ (μΑ).

$$1 \text{ Ampere} = 1000 \text{ mA.}$$

Για να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, το αμπερόμετρο συνδέεται πάντοτε εν σειρά στο κύκλωμα αυτό. Εν σειρά σύνδεση σημαίνει ότι διακόπτεται το κύκλωμα σε ένα σημείο του και στα άκρα της διακοπής συνδέεται το όργανο για τη μέτρηση της εντάσεως του ρεύματος, που διέρχεται.

Στην άσκησή μας αυτή χρησιμοποιούνται πηγές συνεχούς ρεύματος. Επομένως κατά τη σύνδεση πρέπει να προσεχθεί η ορθή πολικότητα του αμπερομέτρου. Δηλαδή ο θετικός ακροδέκτης του πρέπει να συνδεθεί στο σημείο, που αντιστοιχεί στο θετικό πόλο της πηγής και ο αρνητικός ακροδέκτης στο σημείο, που αντιστοιχεί στον αρνητικό πόλο (το συν στο συν και το μείον στο μείον).

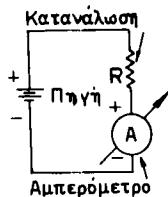
**Προσοχή.** Εάν το αμπερόμετρο συνδεθεί κατά λάθος παράλληλα σε ένα κύκλωμα που βρίσκεται σε τάση, κινδυνεύει να καταστραφεί αμέσως.

Για το λόγο αυτό, πριν από κάθε μέτρηση, επιβάλλεται ο έλεγχος της συνδεσμολογίας του αμπερομέτρου. Η συνδεσμολογία του οργάνου και γενικά του όλου κυκλώματος, προτού αυτό συνδεθεί σε μια πηγή, πρέπει να ελέγχεται επίσης από τον καθηγητή του Εργαστηρίου, ανεξάρτητα από τη βεβαιότητα των μαθητών ότι η συνδεσμολογία που εκτέλεσαν ήταν ορθή.

Αν το αμπερόμετρο συνδεθεί με λανθασμένη πολικότητα, τότε ο δείκτης του οργάνου θα κτυπά στο αριστερό άκρο (αριστερό, όπως το βλέπει ο μαθητής στο όργανο) της κλίμακας. Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να διακοπεί αμέσως το κύκλωμα και να γίνει αλλαγή των θέσεων των ακροδεκτών του αμπερομέτρου.

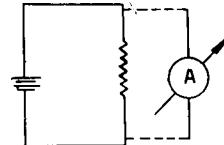
Η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει ένα κύκλωμα γνωστής αντιστάσεως, εξαρτάται από την τάση της πηγής, η οποία τροφοδοτεί το κύκλωμα αυτό, καθώς και

από την τιμή της αντιστάσεως. Όταν η τάση παραμένει σταθερή, η ένταση του ρεύματος είναι αντιστρόφως 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.

Ορθή σύνδεση αμπερομέτρων  
(σύνδεση εν σειρά).

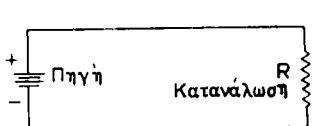


Σχ. 2.β.

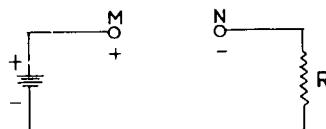
Λανθασμένη σύνδεση αμπερομέτρου  
(σύνδεση εν παραλήλω).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

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



Σχ. 2.γ.



Σχ. 2.δ.

2. Να διακοπεί το κύκλωμα που κατασκευάσατε σε ένα του σημείο, ώστε να είναι δυνατή η συνδεσμολογία αμπερομέτρου (διακοπή στα σημεία M, N του σχήματος 2.δ).

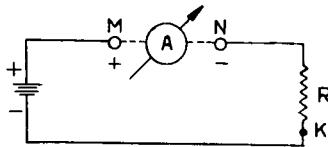
3. Αφού ελεγχθεί πρώτα η πολικότητα του αμπερομέτρου ως προς το κύκλωμα, να συνδεσμολογηθεί αυτό στα σημεία (M) (N), όπως στο σχήμα 2.ε. Αν το αμπερόμετρο διαθέτει κλίμακες περισσότερες από μια, προτιμάται η μεγαλύτερη. Αυτό γίνεται για την καλύτερη προστασία του οργάνου, εφ' όσον η τιμή της εντάσεως του ρεύματος είναι αγνωστή και πιθανόν να είναι μεγάλη, οπότε στις μικρές κλίμακες το όργανο θα κινδύνευε.

Να σημειωθεί η ένταση του ρεύματος, το οποίο κυκλοφορεί στο κύκλωμα.

4. Να αντικατασταθεί η αντίσταση (R) του προηγούμενου κυκλώματος διαδοχικά με άλλες αντιστάσεις, που οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες και μικρότερες, και να ληφθούν οι ενδείξεις του αμπερομέτρου για κάθε τιμή αντιστάσεως. Όλες οι ενδείξεις των μετρήσεων να γραφούν στον πάρακάτω πίνακα.

5. Εάν στο κύκλωμα της τρίτης ερωτήσεως το αμπερόμετρο μεταφερθεί στο άλλο άκρο (K) της αντιστάσεως, ποια θα είναι τότε η ένδειξη του;

6. Ποιον κίνδυνο διατρέχει το αμπερόμετρο, όταν συνδεθεί σε κύκλωμα με λανθασμένη πολικότητα;



Σχ. 2.ε.

7. Ποιος ο ορθός τρόπος συνδέσεως αμπερομέτρου σε κύκλωμα για τη μέτρηση της εντάσεως του ρεύματος εν σειρά ή εν παραλλήλω;

Τιμή αντιστάσεως (ωμ)	Ένδειξη ρεύματος (αμπέρ)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

8. Οι ενδείξεις 65 mA, 37 μΑ και 100 μΑ να γραφούν σε αμπέρ.

9. Πηγή τάσεως 100 V τροφοδοτεί κατανάλωση αντιστάσεως 200 Ω. Η ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί στο κύκλωμα είναι 0,5 A (500 mA). Πόση θα είναι η ένταση του ρεύματος, όταν η αντίσταση γίνει 400 Ω;

10. Στη θεωρία της ασκήσεως αναφέρεται ότι, εάν το αμπερόμετρο συνδεθεί παράλληλα σε ένα κύκλωμα, που βρίσκεται σε τάση, κινδυνεύει να καταστραφεί. Με τη βοήθεια των σχημάτων 2.α και 2.β (ορθή και λανθασμένη συνδεσμολογία), να δώσετε μια εξήγηση του φαινομένου.

### ΑΣΚΗΣΗ 3

#### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

##### Κώδικας χρωμάτων ραδιοτεχνικών αντιστάσεων.

**Αντίσταση** είναι η ιδιότητα, που έχουν τα διάφορα υλικά να παρουσιάζουν δυσκολία στην κυκλοφορία του ρεύματος. Η αντίσταση αυτή μπορεί να μετρηθεί άμεσα ή έμμεσα με ποικίλους τρόπους. Στις ασκήσεις 11.12 και 24 εξετάζονται οι πιο συνηθισμένοι από τους τρόπους αυτούς.

Ο απλούστερος τρόπος μετρήσεως μιας αντιστάσεως είναι με το **ωμόμετρο**. Με τον τρόπο αυτό θα ασχοληθούμε στην άσκηση αυτή. Επίσης θα εξηγήσουμε τον τρόπο συμβολισμού της τιμής μιας αντιστάσεως με χρώματα και θα δώσουμε επίσης τον κώδικα των χρωμάτων αυτών.

Μονάδα μετρήσεως της αντιστάσεως είναι το **ωμ** (ohm, συμβολο  $\Omega$ ). Επειδή στις εφαρμογές συναντούμε και αντιστάσεις με αρκετά μεγάλες ωμικές τιμές, χρησιμοποιούνται περισσότερο τα εξής πολλαπλάσια της μονάδας του ωμ:

α) Το κιλώμ (k $\Omega$ ):  $k\Omega = 1000 \Omega$ .

β) Το μεγκώμ (M $\Omega$ ):  $1 M\Omega = 1.000.000 k\Omega$ .

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

Η εσωτερική κατασκευή του ωμομέτρου εξετάζεται στην άσκηση 22. Εδώ, όπως και στις δύο προηγούμενες ασκήσεις με το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο, εξετάζεται μόνον η συνδεσμολογία του ωμομέτρου για τη μέτρηση αντιστάσεων.

Το ωμόμετρο δεν έχει πολικότητα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν έχει καμιά σημασία σε ποιο άκρο της μετρούμενης αντιστάσεως θα συνδεσμολογηθεί ο κάθε ακροδέκτης του. Επίσης το ωμόμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μιας αντιστάσεως σε ένα κύκλωμα, **μόνον όταν το κύκλωμα αυτό βρίσκεται εκτός τάσεως**.

Οι τιμές των αντιστάσεων, που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, συμβολίζονται συνήθως με διάφορα χρώματα επάνω στις επιφάνειές τους. Οι τρόποι συμβολισμού με χρώματα είναι δύο. Ο πρώτος και ο πιο συνήθης φαίνεται στο σχήμα 3.a.

Υπάρχουν, δηλαδή, τρεις τουλάχιστον ζώνες (δακτύλιοι) με διάφορα χρώματα, σχεδιασμένες στο ένα άκρο της αντιστάσεως. Αν κρατάει κάποιος την αντίσταση όπως φαίνεται στο σχήμα, η πρώτη ζώνη (από αριστερά) δίνει το πρώτο ψηφίο του αριθμού, που παριστάνει την τιμή της αντιστάσεως. Η δεύτερη ζώνη δίνει το δεύτερο ψηφίο του αριθμού αυτού. Η τρίτη ζώνη όμως δίνει τον αριθμό των

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



**Σχ. 3.α.**

Για την εύρεση της τιμής μιας αντιστάσεως απαιτείται βέβαια η γνώση του κώδικα των χρωμάτων. Οφείλει, δηλαδή, να γνωρίζει κανείς τι αριθμός αντιστοιχεί σε κάθε χρώμα. Ο κώδικας αυτός των χρωμάτων αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα:

#### **ΚΩΔΙΚΑΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ.**

Χρώμα	Αριθμός	Ανοχή
Μαύρο	0	—
Καφέ	1	—
Ερυθρό	2	—
Πορτοκαλί	3	—
Κίτρινο	4	—
Πράσινο	5	—
Κυανούν (Μπλε)	6	—
Ιώδες (μωβ)	7	—
Φαιό (γκρι)	8	—
Λευκό	9	—
Χρυσό	—	$\pm 5\%$
Αργυρό	—	$\pm 10\%$
Χωρίς τέταρτη ζώνη	—	$\pm 20\%$

Εάν σε μια αντίσταση υπάρχει και τέταρτη ζώνη, αυτή θα συμβολίζει την ανοχή, δηλαδή τα όρια, μέσα στα οποία μπορεί να κυμαίνεται η τιμή της αντιστάσεως, την οποία παρέχουν οι ζώνες των τριών προηγουμένων χρωμάτων. Η τέταρτη αυτή ζώνη θα έχει χρυσό χρώμα (ανοχή  $\pm 5\%$ ) ή αργυρό (ανοχή  $\pm 10\%$ ). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει τέταρτο χρώμα, η ανοχή της τιμής της αντιστάσεως είναι  $\pm 20\%$ .

Παρακάτω δίνονται δύο παραδείγματα ευρέσεως της τιμής αντιστάσεων με τον κώδικα των χρωμάτων:

**Παράδειγμα 1.** Οι ζώνες της αντιστάσεως του σχήματος 3.β έχουν κατά σειρά τα εξής χρώματα: ερυθρό, πράσινο, πορτοκαλί. Επομένως η τιμή της αντιστάσεως, σύμφωνα με τον κώδικα των χρωμάτων, θα είναι  $25.000 \Omega$  με ανοχή  $\pm 20\%$ .

**Παράδειγμα 2.** Δίνεται η αντίσταση με ζώνες χρωμάτων όπως στο σχήμα 3.γ. Η τιμή της αντιστάσεως είναι  $470.000 \Omega$  ( $470 \text{ k}\Omega$ ) και έχει ανοχή  $\pm 10\%$ .

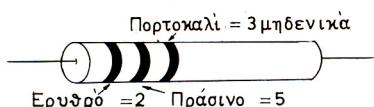
Ο δεύτερος τρόπος συμβολίσμού των αντιστάσεων με χρώματα φαίνεται στο σχήμα 3.δ.

Ο χρωματισμός ολόκληρου του σώματος της αντιστάσεως, σύμφωνα με τον κώδικα των χρωμάτων, συμβολίζει το πρώτο ψηφίο του αριθμού, που δηλώνει την τιμή της αντιστάσεως. Το ένα άκρο της αντιστάσεως 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, η οποία υπάρχει στη μέση της αντιστάσεως. Η σειρά είναι: χρώμα σώματος, χρώμα άκρου (δακτύλιου), χρώμα τελείας. Εάν φέρει χρωματισμό και το άλλο άκρο της αντιστάσεως, το χρώμα του θα είναι ή χρυσό ή αργυρό και θα συμβολίζει την ανοχή της τιμής της αντιστάσεως.

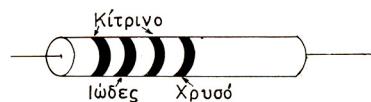
Ως προς τον αριθμό, που αντιστοιχεί σε κάθε χρώμα, ισχύει ο προηγούμενος κώδικας χρωμάτων αντιστάσεων.

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

Η τιμή της αντιστάσεως 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. Να σχεδιασθούν στο τετράδιο οι κλίμακες του ωμομέτρου.
2. Ποια περιοχή αντιστάσεων μετράει κάθε κλίμακα;
3. Ποια είναι η μέγιστη τιμή αντιστάσεως, που μπορεί να μετρηθεί με το ωμόμετρο της ασκήσεως;
4. Να σχεδιασθεί μια κλίμακα αντιστάσεων και μια κλίμακα ρεύματος, η μία κάτω από την άλλη, με τις ενδείξεις, που υπάρχουν στην πλάκα του οργάνου της ασκήσεως. Να προσεχθεί ότι οι κλίμακες των τάσεων και των ρευμάτων στα βιολτόμετρα και τα αμπερόμετρα έχουν το μηδέν στο αριστερό τους άκρο (αριστερό, όπως το βλέπει ο ασκούμενος), ενώ το μηδέν της κλίμακας των αντιστάσεων του ωμόμετρου είναι στο δεξιό άκρο. Στην άσκηση 22 εξηγείται γιατί συμβαίνει αυτό.
5. Στην άσκηση δίνονται μερικές αντιστάσεις σύρματος, από αυτές που χρησιμοποιούνται σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. Να μετρηθούν οι αντιστάσεις αυτές με το ωμόμετρο.

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

	Αντιστάσεις					
	1	2	3	4	5	6
1ο χρώμα						
2ο χρώμα						
3ο χρώμα						
4ο χρώμα						
Τιμή αντιστάσεως σύμφωνα με τα χρώματα						
Ανοχή						
Τιμή αντιστάσεως με το ωμόμετρο						

7. Οι ίδιες αντιστάσεις της ασκήσεως, των οποίων οι τιμές προσδιορίσθηκαν από τα χρώματα, να μετρηθουν ακολούθως με το ωμόμετρο και να γραφούν οι ενδείξεις στη σχετική στήλη του πίνακα.

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

9. Τι χρώματα έχουν οι παρακάτω αντιστάσεις (και με τους δύο τρόπους συμβολισμού):

$$47\Omega, 960\Omega, 350\text{ k}\Omega, 10\text{ M}\Omega.$$

## ΑΣΚΗΣΗ 4

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Η γνώση των διαφόρων εξαρτημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά κυκλώματα, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση των κυκλωμάτων αυτών.

Ο σκοπός της ασκήσεως αυτής είναι να δείξει στο μαθητή τα ποικίλα εξαρτήματα, που συνθέτουν τα ηλεκτρολογικά κυκλώματα. Είναι απαραίτητο ο κάθε νέος μαθητής στον τομέα της Ηλεκτρολογίας, από τα πρώτα μάλιστα μαθήματα, να είναι σε θέση να διαχωρίζει τα διάφορα εξαρτήματα, να γνωρίζει το όνομα και το σύμβολο καθενός και ακόμα να μπορεί να εξηγεί και τη λειτουργία, την οποία καθένα από τα εξαρτήματα αυτά επιτελεί στο γενικό κύκλωμα, στο οποίο συνδέεται.

Ειδικότερα, ο συμβολισμός των εξαρτημάτων, στη σχεδίαση των διαφόρων κυκλωμάτων εξυπηρετεί σε σημαντικό βαθμό, γιατί όλες οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, από τις πιο απλές εγκαταστάσεις φωτισμού ως τις πολύπλοκες εγκαταστάσεις κινήσεως και φωτισμού μεγάλων εργοστασίων και ολοκλήρων πόλεων, πρώτα σχεδιάζονται και μετά εκτελούνται. Επομένως καλή γνώση του συμβολισμού των εξαρτημάτων και του τρόπου σχεδιάσεως των κυκλωμάτων, καθώς και της θεωρίας της Ηλεκτρολογίας, αποτελούν θεμελιώδη γνωρίσματα του καλου τεχνικου.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να μελετηθούν με προσοχή τα εξαρτήματα, που είναι αναρτημένα σε πινακίδα που δίνεται στην άσκηση αυτή, και να αναγνωρισθεί το σύμβολο του καθενός από τον Πίνακα 1.

2. Να ζητηθούν από τον καθηγητή του Εργαστηρίου όσες πληροφορίες και διευκρινήσεις απαιτούνται, ώστε ο Πίνακας 1 να μεταφερθεί ολόκληρος στο καθαρό τετράδιο ως εξής: Στη στήλη «Πρακτική όψη» του τετραδίου να σχεδιασθεί πρόχειρα το κάθε εξάρτημα της πινακίδας, όπως φαίνεται, και στη στήλη «Ιδιότητες» να εκτεθεί με λίγες λέξεις η εργασία, την οποία το εξάρτημα αυτό προσφέρει, όταν συνδεθεί στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

3. Ποια άλλα εξαρτήματα (με το συμβολισμό τους) εκτός από τα αναφερόμενα στον Πίνακα δίνονται στην άσκηση; Να αναφερθούν, να σχεδιασθεί το σύμβολο καθενός και να εξηγηθεί η εργασία, την οποία εκπληρώνει το καθένα στα διάφορα κυκλώματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ιδιότητες
Ωμική αντίσταση σύρματος (θερμικου καταναλωτη)			
Μεταβλητή αντίσταση (Ποτανοιόμετρο - Ροοστάτης)			
Πυκνωτής			
Πυκνωτής ηλεκτρολυτικός			
Αυτεπαγωγή, ballast (πηνίο με σιδηροπυρήνα)			
Διακόπτης απλός			
Διακόπτης κομιτατέρ			
Διακόπτης αλλέ - ρετούρ ακραίος			
Διακόπτης αλλέ - ρετούρ μεσαίος			
Διακόπτης μπουτόν			
Διακόπτης μαχαιρωτός			
Ρευματοδότης απλός			

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ιδιότητες
Ρευματοδότης με γείωση			
Ασφάλεια πίνακα απλή			
Ασφάλεια πίνακα αυτόματη			
Φωτιστικό σημειού απλό			
Φωτιστικό σημειού ασφάλειας			
Πίνακας φωτισμού			
Μετασχηματιστής μονοφασικός			
Γεννήτρια Σ.Ρ.			
Κινητήρας Ε.Ρ.			
Βολτόμετρο			
Αμπερόμετρο			
Βαττόμετρο			
Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας			

4. Να αναφερθουν μερικές γνωστές συσκευές, στις οποίες χρησιμοποιούνται ωμικές αντιστάσεις σύρματος, όπως αυτή που συμβολίζεται πρώτη στον Πίνακα 1.

5. Ποια η διαφορά μεταξύ απλού διακόπτη και διακόπτη «μπουτόν»; Επίσης ποια η διαφορά μεταξύ απλού διακόπτη και διακόπτη «κομιτατέρ»;

## ΑΣΚΗΣΗ 5

### ΡΑΔΙΟΤΕΧΝΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Ακόμα και μια απλή ραδιοτεχνική συσκευή φαίνεται αρκετά πολύπλοκη σε όποιον ασχολείται για πρώτη φορά με τα ηλεκτρονικά. Όλα όμως τα κυκλώματα απλοποιούνται σε μεγάλο βαθμό, όταν κανείς γνωρίζει τα ποικίλα μικρά εξαρτήματα, τα οποία τα συνθέτουν. Φυσικά ο τρόπος συνδεσμολογίας των εξαρτημάτων αυτών μεταξύ τους είναι ένα θέμα, που δεν εξετάζεται στην άσκηση αυτή.

Ο σκοπός της σημερινής ασκήσεως είναι να γνωρίσει στο μαθητή τα διάφορα εξαρτήματα, τα οποία συνθέτουν τα ραδιοτεχνικά και γενικά τα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Να δείξει τις ποικίλες παραλλαγές των εξαρτημάτων αυτών, όπως κατασκευάζονται από τα διάφορα εργοστάσια, να δώσει τα σύμβολά τους, όπως σχεδιάζονται διεθνώς, και τέλος να παρουσιάσει στον ασκούμενο μαθητή, για μία πρώτη γνωριμία, ένα πληρες κύκλωμα ραδιοφώνου σε λειτουργία. Επομένως, στο τέλος της ασκήσεως, επιβάλλεται ο μαθητής να είναι σε θέση να αναγνωρίζει κάθε εξάρτημα σε ένα κύκλωμα οποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής.

Όλα τα ραδιοτεχνικά, όπως και τα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα παριστάνονται με ειδικό σύμβολο το καθένα. Πρέπει επομένως ο τεχνικός, στον τομέα αυτό: α) Να μάθει να διαχωρίζει ένα εξάρτημα σ' ένα κύκλωμα. β) Να γνωρίζει το σύμβολο του εξαρτήματος και γ) να μπορεί να εξηγεί την εργασία, την οποία το εξάρτημα αυτό προσφέρει στη λειτουργία του κυκλώματος.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να μελετηθούν με προσοχή τα εξαρτήματα, τα οποία είναι αναρτημένα σε πινακίδα που δίνεται στην άσκηση αυτή και να αναγνωρισθεί το σύμβολο του καθενός από τον Πίνακα 2.

2. Να ζητηθούν όσες πληροφορίες και διευκρινήσεις απαιτούνται, ώστε ο Πίνακας 2 να μεταφερθεί ολόκληρος στο καθαρό τετράδιο ως εξής: Στη στήλη «Πρακτική όψη» να σχεδιασθεί πρόχειρα το κάθε εξάρτημα, όπως φαίνεται, και στη στήλη «Ιδιότητες» να εκτεθεί με λίγες λέξεις η εργασία, την οποία το εξάρτημα προσφέρει στα διάφορα κυκλώματα.

3. Τι είδη αντιστάσεων υπάρχουν στην άσκηση; Να αναφερθεί και να σχεδιασθεί κάθε είδος.

4. Το ίδιο να επαναληφθεί για τους πυκνωτές της ασκήσεως.

5. Επίσης το ίδιο να επαναληφθεί για τους μετασχηματιστές και τις βάσεις των λυχνιών.

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

7. Από τη σύγκριση του πίνακα συμβόλων των εξαρτημάτων του ραδιοφώνου της ασκήσεως να αναφερθεί ποια από τα εξαρτήματα του πίνακα δεν είναι απαραίτητα σε ένα ραδιόφωνο.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 2

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

Εξάρτημα	Θεωρητικό Σύμβολο	Πρακτική όψη	Ιδιότητες
Μετασχηματιστής εξόδου ή μεγαφώνου			
Πηνίο φίλτρου Χ.Σ. (τσοκ)			
Πηνίο Υ.Σ. (αέρα)			
Βάση λυχνίας οκταλ			
Βάση λυχνίας νόβαλ			
Βάση λυχνίας μινιατούρα			
Βάση λυχνίας ρίμλοκ			
Μεγάφωνο			
Διόδος λυχνία			
Τρίοδος λυχνία			
Τρανζίστορ			

## ΑΣΚΗΣΗ 6

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ—ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ

Όλα τα υλικά αποτελούνται από άτομα. Κάθε άτομο αποτελείται από ένα πυρήνα, ο οποίος είναι θετικά φορτισμένος, και από ηλεκτρόνια, τα οποία είναι φορτισμένα αρνητικά. Τα ηλεκτρόνια είναι πολύ ελαφρά κατά το βάρος και εύκολα τίθενται σε κίνηση.

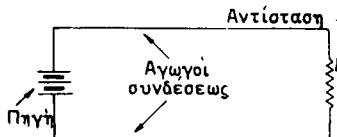
Η **ηλεκτρική τάση** είναι είδος ηλεκτρικής πιέσεως και είναι ακριβώς αυτή, που προκαλεί την κίνηση των ηλεκτρονίων, δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική τάση, ή απλώς τάση, εκφράζεται και ως **διαφορά δυναμικού** μεταξύ δύο σημείων. Η ηλεκτρική τάση παράγεται από ειδικές μηχανές, που καλούνται γεννήτριες (μετατροπή μηχανικού έργου), και από συστοιχίες ή μπαταρίες (μετατροπή χημικής ενέργειας). Παράγεται επίσης και με μετατροπή της ενέργειας του φωτός ή της θερμότητας.

Το **ηλεκτρικό ρευμα** είναι κίνηση ηλεκτρονίων (συνεχές ρευμα) ή ταλάντωση ηλεκτρονίων (εναλλασσόμενο ρευμα). Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων, τα οποία διέρχονται από ορισμένο αγωγό ηλεκτρικού κυκλώματος στή μονάδα του χρόνου, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει τον αγωγό αυτό.

Αντίσταση είναι η ιδιότητα των διαφόρων υλικών να παρουσιάζουν δυσκολία στη διέλευση του ρεύματος. Όλα τα υλικά εμφανίζουν μια κάποια αντίσταση στην κυκλοφορία του ρεύματος. Τέλειοι αγωγοί δεν υπάρχουν, όπως δεν υπάρχουν και τέλεια μονωτικά.

Τα υλικά, τα οποία παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος, καλούνται **αγωγοί**. Αντίθετα, τα υλικά, που παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αντίσταση και δυσκολεύουν πολύ ή και διακόπτουν την κυκλοφορία του ρεύματος, καλούνται **μονωτικά**.

Το απλούστερο ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στο σχήμα 6.α. Αποτελείται από



Σχ. 6.α.

μια πηγή, που παρέχει ηλεκτρική τάση, και από μιά κατανάλωση (αντίσταση) καθώς και από τους αγωγούς συνδέσεων.

Ο νόμος του Ωμ (Ohm)—θεμελιώδης νόμος του Ηλεκτρισμού—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 αντιστρόφως ανάλογη προς την αντίσταση, την οποία παρουσιάζει η κατανάλωση.** Ο νόμος ισχύει τόσο στο συνεχές όσο στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Το σύμβολο για την ένταση του ρεύματος είναι I.

Το σύμβολο για την τάση είναι V.

Το σύμβολο για την αντίσταση είναι R.

Συνεπώς ο νόμος του Ωμ εκφράζεται με τη σχέση:

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

Από τη σχέση αυτή προκύπτουν και οι ακόλουθες εξισώσεις:

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

Οι μονάδες μετρήσεως των ηλεκτρικών αυτών μεγεθών είναι:

Για την τάση το βολτ (Volt), σύμβολο V.

Για την ένταση του ρεύματος το αμπέρ (Ampère) σύμβολο A.

Για την αντίσταση το ωμ (Ohm), σύμβολο Ω.

Στην άσκηση αυτή ως πηγή θα χρησιμοποιηθεί η τάση του δικτύου της πόλεως (εναλλασσόμενη τάση 220 V). Επομένως, απαιτείται να καταβληθεί μεγάλη προσοχή προς αποφυγή των κινδύνων, που μπορεί να προκύψουν για τους μαθητές και τα όργανα, τα οποία θα συνδεθούν για τη λήψη μετρήσεων.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να τοποθετηθεί ένας λαμπτήρας φωτισμού ισχύος 60 W και τάσεως λειτουργίας 220 V, ως κατανάλωση, στην υποδοχή (ντουί) του «σασσί» της ασκήσεως.

Να συνδεθεί ένα ωμόμετρο στα σημεία (M), (N) του κυκλώματος του σχήματος 6.β και να μετρηθεί η αντίσταση του λαμπτήρα (**στο κύκλωμα δεν παρέχεται τάση**).

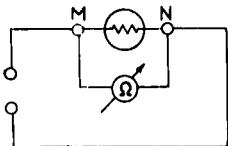
Η ένδειξη του ωμομέτρου να γραφει στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα:

Ισχύς λαμπτήρα	Αντίσταση
60 W	
100 W	
200 W	

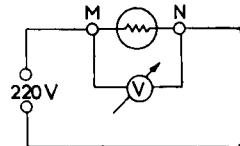
2. Να επαναληφθει η μέτρηση στα ίδια σημεία, αφού αντικατασταθεί ο λαμπτήρας των 60 W με άλλον, ισχύος 100 W.

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

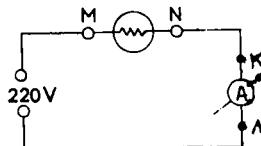
4. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 6.γ. Αφού αυτό ελεγχθεί από τόν καθηγητή, να εφαρμοσθεί έπειτα τάση δικτύου 220 V και με το βολτόμετρο στα σημεία (M), (N) να μετρηθεί η τάση στα άκρα του λαμπτήρα και να γραφεί στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα.



Σχ. 6.β.



Σχ. 6.γ.



Σχ. 6.δ.

5. Να αποσυνδεθεί η τάση των 220 V από το προηγούμενο κύκλωμα. Ακολούθως να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 6.δ.

Τάση πηγής (V)	Τάση στα άκρα M-N (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση (Ω)
220 110			

Μεταξύ των σημείων (Κ) και (Λ) να συνδεθεί αμπερόμετρο και, αφού το κύκλωμα ελεγχθεί από τον καθηγητή, να εφαρμοσθεί πάλι τάση δικτύου 220 V και να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα. Η ένδειξη να γραφεί στον πίνακα της προηγούμενης περιπτώσεως.

Από τις δύο προηγούμενες μετρήσεις (4 και 5) φαίνεται η ορθή συνδεσμολογία των οργάνων. Δηλαδή το βολτόμετρο συνδέεται πάντοτε εν παραλλήλω προς την κατανάλωση (κύκλωμα περιπτώσεως 4), το δε αμπερόμετρο πάντοτε εν σειρά (κύκλωμα περιπτώσεως 5).

6. Να επαναληφθούν οι ίδιες μετρήσεις με τάση πηγής 110 V. Προτού εφαρμοσθεί τάση, το κύκλωμα πρέπει να ελέγχεται πάντοτε από τον καθηγητή. Οι ενδείξεις να γραφούν στον πίνακα της περιπτώσεως 4.

7. Από τις ενδείξεις τάσεων και εντάσεων να υπολογισθεί με εφαρμογή του νόμου του Ωμη η αντίσταση κάθε λαμπτήρα και να γραφεί στη σχετική στήλη του πίνακα (περίπτωση 3).

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

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

9. Να συγκριθούν οι ενδείξεις του ωμομέτρου των περιπτώσεων 1, 2 και 3 με τις τιμές αντιστάσεως, τις οποίες δίνουν οι υπολογισμοί της προηγούμενης περιπτώσεως για τους ίδιους λαμπτήρες. Πού οφείλεται η παρουσιαζόμενη διαφορά;

10. Τι λέει ο νόμος του  $\Omega\mu$ ;

11. Ποια είναι τα βασικά στοιχεία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος;

12. Πηγή τάσεως 12 V τροφοδοτεί κατανάλωση αντιστάσεως 2,4 k $\Omega$ . Να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος, το οποίο διαρρέει το κύκλωμα. Το αποτέλεσμα να γραφεί σε 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 συγκολληθουν, οπωσδήποτε ύστερα από μικρό χρονικό διάστημα θα δημιουργηθεί ανωμαλία στη συνέχεια του ηλεκτρικού κυκλώματος. Θα παρουσιασθεί δηλαδή «λασκάρισμα» ή οξείδωση, η οποία θα αυξήσει πολύ την αντίσταση του κυκλώματος ή ακόμα και θα διακόψει την επαφή μεταξύ των συρμάτων. Επομένως, αφού πρώτα γίνει μια καλή μηχανική σύνδεση μεταξύ των αγωγών ή των ακροδεκτών των εξαρτημάτων, τα οποία πρόκειται να συνδεθούν, πρέπει στη συνέχεια να καλυφθεί το σημείο συνδέσεως με ένα στρώμα ειδικής κολλήσεως. Η κόλληση αυτή, θα στερεώσει καλύτερα τους συνδετικούς αγωγούς και θα προφυλάσσει το σημείο συνδέσεως τους από οξείδωση.

Το ειδος της κολλήσεως, που χρησιμοποιείται από τους ηλεκτρολόγους και τους ραδιοτεχνικούς, είναι ένα κράμα από μόλυβδο και κασσίτερο, σχεδόν σε ίσες ποσότητες. Όταν η κόλληση αυτή θερμαίνεται με τη βοήθεια θερμού κολλητηριού, τήκεται (λειώνει) και σε ρευστή πια κατάσταση απλώνεται επάνω στο σημείο συνδέσεως. Μετά την απομάκρυνση του κολλητηριού, η κόλληση ψύχεται και σκληρύνεται. Χημικά αποδεικνύεται ότι η θερμή ρευστή κόλληση επιδρά, ώστε να λειώνει επίσης και ένα λεπτότατο στρώμα από την επιφάνεια των συγκολλουμένων υλικών. Έτοι πραγματοποιείται μια πολύπλοκη χημική αντίδραση.

Οι ακόλουθες τρεις βασικές προϋποθέσεις είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση μιας καλής συγκολλήσεως:

α) **Καθαριότητα.** Οι επιφάνειες των μετάλλων, τα οποία πρόκειται να συγκολληθούν, επιβάλλεται να είναι καθαρές στα συγκολλούμενα σημεία. Αυτό σημαίνει ότι τα σημεία επαφής των συνδεομένων μετάλλων πρέπει να ξυσθούν, ώστε να αφαιρεθούν τα τυχόν οξείδια και να φανεί το καθαρό μέταλλο.

β) **Χρήση ειδικής αλοιφής.** Η αλοιφή αυτή είναι μια χημική ουσία, η οποία προφυλάσσει τις συγκολλούμενες επιφάνειες από οξείδωση, όταν αυτές θερμαίνονται κατά τη συγκόλληση.

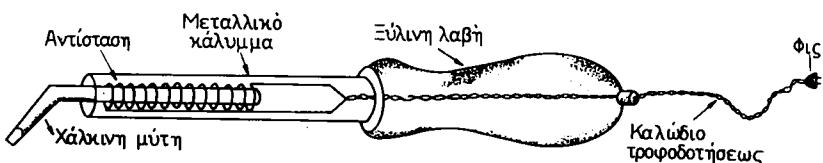
Δεν μπορεί να θεωρηθεί ως καλή μια συγκόλληση, εφ' όσον στα σημεία επαφής θα δημιουργηθεί έστω και πολύ λεπτό στρώμα οξειδίου.

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

Θερμανθεί αρκετά, ώστε, όταν η κόλληση εφαρμοσθεί στο σημείο συγκολλήσεως, να λειώσει και να απλωθεί εύκολα. Παρ' όλο ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τη θέρμανση, το ηλεκτρικό κολλητήρι, απλό ή αυτόματο, είναι το πιο κατάλληλο και χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις περιπτώσεις αυτές.

### I. Απλό ηλεκτρικό κολλητήρι.

Το απλό ηλεκτρικό κολλητήρι αποτελείται (σχ. 7.α) από τα εξής μέρη: μιαν αντίσταση, το μεταλλικό κάλυμμα της αντιστάσεως, μια χάλκινη προέκταση («μύτη»), μια ξύλινη ή πλαστική λαβή και το καλώδιο τροφοδοτήσεως με το ρευματολήπτη (φίς).



Σχ. 7.α.

'Όταν κυκλοφορεί ρεύμα από την αντίσταση, η άντισταση θερμαίνεται' ακολούθως θερμαίνεται και η χάλκινη μύτη, την οποία η αντίσταση περιβάλλει κατά το ένα άκρο της (χωρίς να έρχεται σε ηλεκτρική επαφή με αυτήν). Η θερμή πια μύτη εφαπτεται στα προς συγκόλληση σημεία και τα θερμαίνει.

Η θερμαντική ικανότητα του ηλεκτρικού κολλητηρίου εκφράζεται με την ισχύ του σε βαττ. 'Όταν οι επιφάνειες, που πρόκειται να συγκολληθούν, είναι μεγάλες και τα μέταλλα χονδρά, απαιτείται συνήθως κολλητήρι ισχύος 200-250 W. Για συνήθεις συγκολλήσεις λεπτών αγωγών και εξαρτημάτων, κολλητήρι ισχύος 40-60 W είναι πολύ κατάλληλο. Για συγκολλήσεις αγωγών και εξαρτημάτων ιδιαίτερα λεπτών, χρησιμοποιείται κολλητήρι ισχύος 15-40 W.

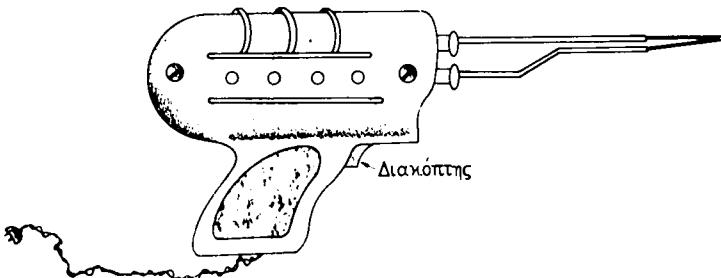
### II. Αυτόματο ηλεκτρικό κολλητήρι.

Το αυτόματο ηλεκτρικό κολλητήρι έχει ως κύριο εξάρτημά του ένα μετασχηματιστή. Ο μετασχηματιστής αυτός είναι υποβιβαστής τάσεως. Το δευτερεύον του έχει λίγες ή και μια μόνο σπείρα, η οποία, αφου διαμορφωθεί κατάλληλα, αποτελεί ίδια τη μύτη του κολλητηρίου. Το όλο κατασκεύασμα, εκτός από τη μύτη, καλύπτεται με ένα πλαστικό περίβλημα, που έχει τη μορφή πιστολιού (σχ. 7.β). Στο εσωτερικό μέρος της λαβής αυτου του πιστολιού και στη θέση της σκανδάλης υπάρχει διακόπτης, τον οποίο χειρίζεται κανείς όπως και τη σκανδάλη του όπλου. 'Όταν πιέζεται ο διακόπτης-σκανδάλη, αποκαθίσταται το κύκλωμα στο πρωτεύον του μετασχηματιστή, οπότε στο δευτερεύον κυκλοφορεί ρεύμα μεγάλης εντάσεως. Η κυκλοφορία του μεγάλου αυτού ρεύματος θερμαίνει αμέσως τη μύτη για την εκτέλεση της συγκολλήσεως.

Το αυτόματο ηλεκτρικό κολλητήρι έχει σοβαρά πλεονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά είναι: Θερμαίνεται σε χρόνο ταχύτατο, μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Ψύχεται επίσης γρήγορα. Καταναλίσκει ρεύμα (ηλεκτρική ενέργεια) μόνον κατά το χρόνο κατά τον οποίο πιέζεται η σκανδάλη-διακόπτης, δηλαδή όταν χρησιμοποιείται για την εκτέλεση συγκολλήσεως.

Τα μειονεκτήματά του είναι: Δεν εξυπηρετεί σε «βαριές» συγκολλήσεις μεγάλων επιφανειών μετάλλων και η τιμή του είναι ψηλή σε σύγκριση με το απλό.

Όταν ένα απλό ηλεκτρικό κολλητήρι θερμαίνεται συνεχώς, η χάλκινη μύτη του οξειδώνεται και σχηματίζεται σ' αυτήν ένα στρωμα από οξείδιο του χαλκού. Το οξείδιο αυτό (μικρά μαυράδια) παρεμβάλλεται ανάμεσα στη χάλκινη μύτη και στα συγκολλούμενα σημεία και εμποδίζει την καλή αγωγιμότητα. Για να διατηρείται συνεπώς η μύτη καθαρή, πρέπει, αφού καθαρισθεί από τα μαυράδια, να επικασσιτερωθεί (να γάνωθει) με ένα στρωμα κολλήσεως. Μετά την πρώτη επικασσιτέρωση, πιθανόν να εμφανισθούν πάλι μαυράδια. Γίνεται τότε νέος καθαρισμός και επικασ-



Σχ. 7.β.

τέρωση της μύτης. Εάν το κολλητήρι παραμένει συνεχώς σε τάση, απαιτείται καθαρισμός και επικασσιτέρωση της μύτης πολλές φορές κατά την ίδια μέρα. Εννοείται ότι, αν δεν χρειάζεται συνεχώς το κολλητήρι για συγκολλήσεις, δεν πρέπει να παραμένει μόνιμα σε τάση, γιατί έτσι καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια άσκοπα.

**Προσοχή. Δεν πρέπει ποτέ να τινάζεται το κολλητήρι για να απαλλαγεί η μύτη του από την κόλληση με τα μαυράδια. Αυτό είναι επικίνδυνο, γιατί, αν από λάθος η ρευστή κόλληση πέσει στο δέρμα μας, θα προκαλέσει έγκαυμα.**

Άρα για μια καλή συγκόλληση επιβάλλεται:

1. Καλός καθαρισμός των προς συγκόλληση επιφανειών.
2. Καλή μηχανική σύνδεση των προς συγκόλληση συρμάτων ή ακροδεκτών εξαρτημάτων για εξασφάλιση μόνιμης και στερεάς συγκολλήσεως. Η κόλληση διευκολύνει βέβαια την καλή αγωγιμότητα, δηλαδή την καλή ηλεκτρική επαφή, αλλά δεν εξασφαλίζει μεγάλη μηχανική αντοχή.
3. Εάν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα αλοιφή, πρέπει αυτή να απλώνεται προηγουμένως στις επιφάνειες των προς συγκόλληση αγωγών, ακροδεκτών ή εξαρτημάτων. Η κόλληση που χρησιμοποιείται από τους ραδιοτεχνικούς έχει τη μορφή σύρματος και περιέχει ήδη την απαραίτητη αλοιφή. Γενικά, όταν η κόλληση περιέχει αλοιφή, δημιουργείται ελαφρός καπνός, αμέσως μόλις έρθει σε επαφή με τη θερμή μύτη του κολλητηριού.
4. Καλός καθαρισμός του κολλητηριού.
5. Εφαρμογή του κολλητηριού στο σημείο συγκολλήσεως. Η εφαρμογή πρέπει να γίνεται με τη μύτη πλάγια, ώστε να εξασφαλίζεται επαφή μεγαλύτερης επιφάνειας της μύτης με τα συγκολλούμενα υλικά.

6. Εφαρμογή κολλήσεως στο σημείο που θερμάνθηκε. Πάντοτε απαιτείται ένα μικρό χρονικό διάστημα για τη θέρμανση και, εν συνεχείᾳ, τη συγκόλληση. Το χρονικό αυτό διάστημα είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο ογκωδέστεροι είναι οι ακροδέκτες των συγκολλουμένων υλικών. Επίσης απαιτείται μικρό χρονικό διάστημα μετά τη συγκόλληση και απομάκρυνση του κολλητηρίου, για να ψυχθεί και να «σκληρυνθεί» η λειωμένη κόλληση. Σε ελαφρές συγκολλήσεις, λίγο φύσημα με το στόμα μετά την απομάκρυνση του κολλητηρίου διευκολύνει τη σύντομη σκληρυνση.

7. Έλεγχος της συγκολλήσεως. Όταν στη συγκόλληση που έγινε εμφανίζεται μια ομαλή και στιλπνή επιφάνεια επάνω και γύρω από το σημείο συγκολλήσεως, η συγκόλληση πέτυχε. Σκληρή και ανώμαλη επιφάνεια στο σημείο συγκολλήσεως χαρακτηρίζει όχι καλή συγκόλληση («κρύα» συγκόλληση).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

Με τη χρήση απλού κολλητηριού:

1. Να συγκολληθούν δύο αγωγοί. Η σειρά εργασίας πρέπει να είναι: Καθαρισμός κολλητηριού αφού θερμανθεί· καθαρισμός των συρμάτων στα σημεία, στα οποία πρόκειται να γίνει η συγκόλληση· μηχανική σύνδεση των συρμάτων· εφαρμογή του κολλητηρίου σ' αυτά· εφαρμογή του υλικού της συγκολλήσεως. Η κόλληση πρέπει να λειώνει επάνω στα θερμά αντικείμενα και όχι επάνω στη μύτη του κολλητηριού.

2. Να συγκολληθεί ένας αγωγός με τον ακροδέκτη ενός εξαρτήματος (αντιστάσεως ή πυκνωτή).

3. Να κολληθεί αγωγός επάνω σε «σασσί» από λαμαρίνα.

4. Να κολληθεί πολύκλωνο σύρμα σε σασσί.

5. Να συγκολληθούν ακροδέκτες 3 ως 4 εξαρτημάτων μαζύ.

6. Οι εργασίες των προηγουμένων ερωτήσεων να επαναληφθουν με το αυτόματο κολλητήρι. Όλοι οι μαθητές πρέπει να εκτελέσουν τουλάχιστον από μια φορά όλες τις ζητούμενες συγκολλήσεις.

## ΑΣΚΗΣΗ 8

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Συνδεσμολογία εν σειρά.

**Ηλεκτρικό κύκλωμα εν σειρά** είναι το κύκλωμα εκείνο, του οποίου όλα τα στοιχεία, δηλαδή η πηγή και οι καταναλώσεις, είναι συνδεμένες το ένα με το άλλο έτσι, ώστε να υπάρχει μόνο μια αγώγιμη διόδος για το ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα χαρακτηριστικά του εν σειρά κυκλώματος είναι:

- Η ένταση του ρεύματος είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος. Δηλαδή, σε οποιοδήποτε σημείο και αν διακοπεί το κύκλωμα και παρεμβληθεί αμπερόμετρο, αυτό θα δείχνει πάντοτε την ίδια τιμή εντάσεως ρεύματος.
- Η ολική αντίσταση των καταναλώσεων (ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος), όντας υπάρχουν περισσότερες από μια καταναλώσεις, είναι ίση με το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων.

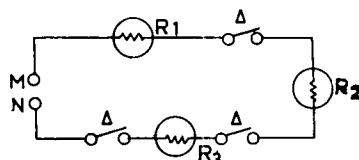
- Η τάση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα είναι (ίση με το άθροισμα των πτώσεων τάσεως στις αντιστάσεις των καταναλώσεων, οι οποίες, συνδεμένες εν σειρά μεταξύ τους και προς την πηγή, αποτελούν το κύκλωμα αυτό).

### ΕΡΓΑΣΙΑ

- Να τοποθετηθουν τρεις λαμπτήρες φωτισμού, των 60 W/220 V ο καθένας, στις βάσεις (ντουί) του σασσί της ασκήσεως.

Η ισχύς των λαμπτήρων μπορεί να είναι διαφορετική. Η εκλογή του μπορεί να γίνεται κατά την κρίση του καθηγητή κάθε εργαστηρίου, με βάση τα όργανα που διαθέτει το εργαστήριο αυτό, για να εξυπηρετούνται καλύτερα οι μαθητές στις μετρήσεις.

- Να ελεγχθουν με ωμόμετρο: α) η αντίσταση κάθε λαμπτήρα και β) η ολική



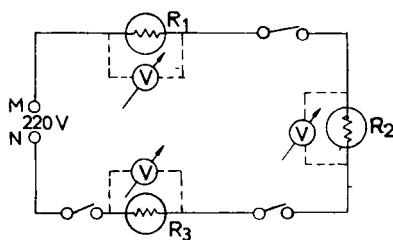
Σχ. 8.α.

αντίσταση του κυκλώματος. Η μέτρηση της ολικής αντιστάσεως να γίνει στα σημεία (M), (N) του κυκλώματος (σχ. 8.α). Υπενθυμίζεται ότι το ωμόμετρο χρησιμοποιείται μόνο σε κυκλώματα, που βρίσκονται χωρίς τάση.

Οι ενδείξεις του ωμομέτρου να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

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

3. Στο κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως, αφού κλεισθούν οι διακόπτες ( $\Delta$ ), να εφαρμοσθεί τάση δικτύου (εναλλασσόμενη 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 ορθή συνδεσμολογία του βολτομέτρου για τη μέτρηση των τάσεων φαίνεται στο σχήμα 8.β.



Σχ. 8.β.

Οι ενδείξεις του οργάνου να γραφούν στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα:

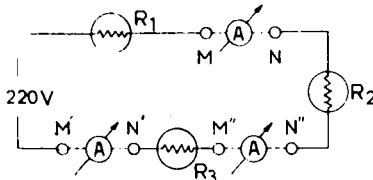
Λαμπτήρες	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_{ολ}$			

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

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

5. Από τις μετρήσεις των ενδείξεων τάσεως και εντάσεως σε κάθε λαμπτήρα, να υπολογισθεί η αντίσταση του λαμπτήρα αυτού από το νόμο του Ωμ και να γραφεί στην τελευταία στήλη του ίδιου πίνακα.

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



Σχ. 8.γ.

προηγούμενα τοποθετηθούν λαμπτήρες των 200 W/220 V στις βάσεις του σασσί της ασκήσεως.

Τα αποτελέσματα να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα:

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

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

8. Να εξηγηθεί γιατί οι ενδείξεις ρεύματος στην περίπτωση 4, όταν χρησιμοποιήθηκαν τρεις όμοιοι λαμπτήρες στο κύκλωμα, ήταν οι ίδιες και στα τρία σημεία του κυκλώματος. Επίσης να αναφερθεί και να εξηγηθεί η σχέση των ενδείξεων εντάσεως ρεύματος στα (δια σημεία, όταν οι 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			
$R_{\text{ολ}}$			

9. Με ποιό τρόπο συνδέεται το αμπερόμετρο σ' ένα κύκλωμα;

10. Πώς υπολογίζεται η ολική αντίσταση ενός κυκλώματος με πολλές γνωστές καταναλώσεις συνδεμένες εν σειρά;

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

12. 'Όταν οι τρεις λαμπτήρες των 60 W/220 V είναι στο κύκλωμα εν σειρά, όπως όταν μετρήθηκαν οι τάσεις, τι θα συμβεί, εάν «καεί» ο ένας από αυτούς; Θα ανάβουν ή όχι οι υπόλοιποι δύο;

13. Στη συνδεσμολογία της περιπτώσεως 6, με τους τρεις διαφορετικής ισχύος λαμπτήρες, ποιός από αυτούς φώτιζε περισσότερο; Να εξηγηθεί το φαινόμενο.

14. Το εν σειρά κύκλωμα είναι κατάλληλο για εγκαταστάσεις φωτισμού;

15. Είναι δυνατόν μια συσκευή ισχύος 100 W, που λειτουργεί κανονικά στα 110 V, να συνδεθεί στα 220 V, αν συνδεθεί εν σειρά προς αυτή ένας λαμπτήρας των 100 W/110 V; Να δικαιολογηθεί η απάντηση με σχέδιο.

---

## ΑΣΚΗΣΗ 9

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### Συνδεσμολογία εν παραλλήλω.

Η **en παραλλήλω συνδεσμολογία** είναι η πιο συνηθισμένη στα ηλεκτρικά κυκλώματα και προτιμάται πάντοτε στα κυκλώματα φωτισμού. Τα χαρακτηριστικά της είναι:

α) Η τάση στα άκρα κάθε καταναλώσεως είναι η ίδια και (ση προς την τάση της πηγής. (Στο εν σειρά κύκλωμα το άθροισμα των τάσεων στα άκρα των καταναλώσεων είναι ίσο με την τάση της πηγής).

β) Εξασφαλίζει ιδιαίτερο κύκλωμα (ιδιαίτερη διακλάδωση ρεύματος) για κάθε κατανάλωση. (Στο εν σειρά κύκλωμα υπάρχει μόνο μια μοναδική δίοδος ρεύματος μέσα από όλες τις καταναλώσεις, που είναι συνδεμένες η μία μετά την άλλη).

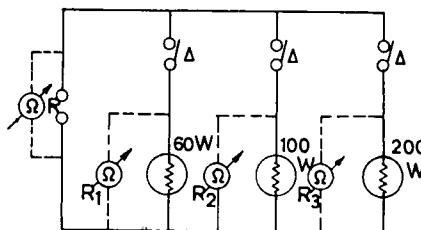
γ) Το ολικό ρεύμα, που παρέχει η πηγή, ισούται προς το άθροισμα των ρευμάτων στους διάφορους κλάδους, δηλαδή με το άθροισμα των ρευμάτων, που διαρρέουν κάθε κατανάλωση του κυκλώματος. (Στο εν σειρά κύκλωμα το ρεύμα είναι το ίδιο σε όλα τα σημεία του κυκλώματος).

δ) Η ολική αντίσταση του κυκλώματος στην εν παραλλήλω συνδεσμολογία ελαττώνεται, όταν συνδέεται μια νέα κατανάλωση, πάλι εν παραλλήλω, και είναι πάντοτε μικρότερη από τη μικρότερη αντίσταση, που υπάρχει στο κύκλωμα. (Στο εν σειρά κύκλωμα η ολική αντίσταση είναι ίση με το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων του κυκλώματος).

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να τοποθετηθούν τρεις λαμπτήρες των 60, 100 και 200 W και τάσεως λειτουργίας 220 V καθένας στις βάσεις (ντουί) του σασσί της ασκήσεως.

2. Να ελεγχθούν με ωμόμετρο: α) Η αντίσταση κάθε λαμπτήρα (διακόπτες Δ ανοικτοί) και β) η ολική αντίσταση του κυκλώματος (διακόπτες Δ κλειστοί). Οι συνδέσεις του ωμομέτρου για κάθε μια από τις ζητούμενες περιπτώσεις φαίνονται στο σχήμα 9.a.

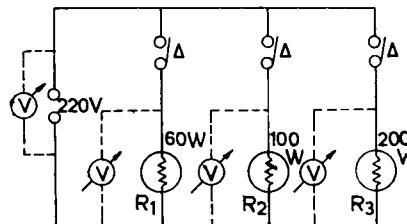


Σχ. 9.α.

Οι ενδείξεις του ωμομέτρου να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

Λαμπτήρες	Αντιστάσεις ( $\Omega$ )
$R_1$ —60 W	
$R_2$ —100 W	
$R_3$ —200 W	
$R_{\text{ολ.}}$	

3. Στο κύκλωμα της προηγούμενης ερωτήσεως, αφού κλεισθούν οι διακόπτες ( $\Delta$ ), να εφαρμοσθεί τάση δικτύου (εναλλασσόμενη τάση 220 V) και να μετρηθούν με βολτόμετρο οι τάσεις στα άκρα κάθε λαμπτήρα καθώς και η τάση στην είσοδο του κυκλώματος (σχ. 9.β).

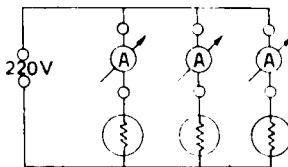


Σχ. 9.β.

Οι ενδείξεις των τάσεων να γραφούν στη σχετική στήλη του επόμενου πίνακα:

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

4. Να τροποποιηθεί το προηγούμενο κύκλωμα, όπως δείχνει το σχήμα 9.γ, για να μετρηθούν: α) Οι εντάσεις των ρευμάτων σε κάθε κλάδο του κυκλώματος και β) η ένταση του ολικού ρεύματος, που παρέχει η πηγή. (Υπενθυμίζεται ότι το αμπερόμετρο συνδέεται εν σειρά στο κύκλωμα και ότι δεν πρέπει να εφαρμοσθεί χωρίς την έγκριση της συνδεσμολογίας από τον καθηγητή). Οι ενδείξεις των εντάσεων να γραφούν στη σχετική στήλη του πίνακα της προηγούμενης περιπτώσεως.



Σχ. 9.γ.

5. Από τις ενδείξεις των μετρήσεων τάσεως και εντάσεως σε κάθε λαμπτήρα και με βάση το νόμο του Ωμ, να υπολογισθεί η αντίσταση, που παρουσιάζει ο λαμπτήρας στο κύκλωμα και να γραφεί στη σχετική στήλη του πίνακα της περιπτώσεως 3. Το ίδιο να επαναληφθεί για την ολική αντίσταση του κυκλώματος.

6. Από τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς, που πραγματοποιήθηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις, φαίνεται ότι οι τρεις λαμπτήρες παρουσιάζουν διαφορετικές αντιστάσεις, όταν μετρούνται με το ωμόμετρο (περίπτωση 2), από εκείνες που δίνουν οι υπολογισμοί από τις τάσεις και τις εντάσεις των ρευμάτων (περίπτωση 3). Να δικαιολογηθεί η παρατηρούμενη αυτή διαφορά.

7. Με ποιο τρόπο συνδέεται το βολτόμετρο σε ένα κύκλωμα για τη μέτρηση της τάσεως: εν σειρά ή εν παραλλήλω;

8. Να εξηγηθεί γιατί η εν παραλλήλω συνδεσμολογία καταναλώσεων προτιμάται στα κυκλώματα φωτισμού.

9. Όταν σε ένα κύκλωμα τριών καταναλώσεων που συνδέονται εν παραλλήλω και τροφοδοτούνται από την ίδια πηγή προστεθεί και τέταρτη αντίσταση εν παραλλήλω, τι θα συμβεί στην ένταση του ρεύματος της πηγής: θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί;

10. Να υποδείξετε τρόπους προσδιορισμού της ολικής αντιστάσεως ενός κυκλώματος παράλληλης συνδέσεως, που βρίσκεται σε τάση.

## ΑΣΚΗΣΗ 10

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### Μικτή συνδεσμολογία.

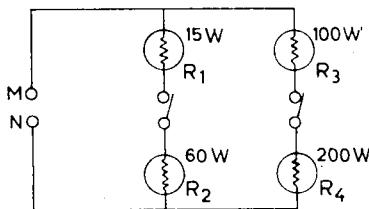
Σε πολλές περιπτώσεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων γίνεται συνδυασμός των δύο τρόπων συνδεσμολογίας των καταναλώσεων, εν σειρά και εν παραλλήλω. Ο συνδυασμός αυτός των δύο συνδεσμολογιών καλείται **μικτή συνδεσμολογία**. Με τη μικτή συνδεσμολογία επιτυγχάνονται επιθυμητές τάσεις και εντάσεις ρευμάτων στα διάφορα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

Τα χαρακτηριστικά των εν σειρά και εν παραλλήλω κυκλωμάτων εξετάσθηκαν στις δύο προηγούμενες ασκήσεις. Τα χαρακτηριστικά κυκλώματος μικτής συνδεσμολογίας είναι ίδια με τα χαρακτηριστικά μερικών κυκλωμάτων, τα οποία είναι ήδη γνωστά.

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

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να τοποθετηθούν τέσσερις λαμπτήρες των 15, 60, 100 και 200 W/220 V στις βάσεις (ντουί) του σασσί της ασκήσεως, όπως φαίνονται στο σχήμα 10.α.



Σχ. 10.α.

Να μετρηθούν με ωμόμετρο: α) Η αντίσταση κάθε λαμπτήρα. β) Η αντίσταση του κάθε κλάδου των λαμπτήρων εν σειρά. γ) Η ολική αντίσταση του κυκλώματος.

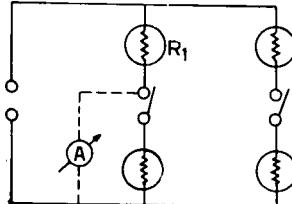
Για τη μέτρηση της αντιστάσεως κάθε λαμπτήρα πρέπει όλοι οι διακόπτες να είναι ανοικτοί και το ωμόμετρο να τοποθετείται στα άκρα του λαμπτήρα που

μετρούμε. Για τη μέτρηση της αντιστάσεως 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 αντιστάσεως, 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	Αντιστάσεις ( $\Omega$ )
$R_1 — 15 \text{ W}$	
$R_2 — 60 \text{ W}$	
$R_3 — 100 \text{ W}$	
$R_4 — 200 \text{ W}$	
$R_1 + R_2 — (15 + 60) \text{ W}$	
$R_3 + R_4 — (100 + 200) \text{ W}$	
$R_{\text{ολ.}}$	

2. Στο κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως να κλεισθούν οι διακόπτες και, αφού ελέγξει ο καθηγητής την ορθή 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 ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			
$R_4$			
$R_1 + R_2$			
$R_3 + R_4$			
$R_{\text{ολ.}}$			



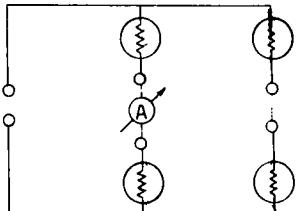
Σχ. 10.β.

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 αμπερομέτρου και

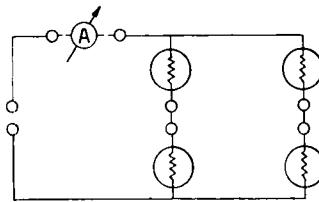
να μετρηθούν, κατά τον ίδιο τρόπο, οι εντάσεις των ρευμάτων, που διαρρέουν και τους τρεις άλλους λαμπτήρες.

4. Να συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα, δημοσιεύεται το σχήμα 10.γ, και να μετρηθούν οι εντάσεις των ρευμάτων στους κλάδους του.

Οι ενδείξεις να γραφούν στο γενικό πίνακα της περιπτώσεως 2.



Σχ. 10.γ.



Σχ. 10.δ.

5. Τέλος να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 10.δ και να μετρηθεί η ένταση του ολικού ρεύματος στο κύκλωμα. Η ένδειξη να γραφεί στο γενικό πίνακα.

6. Να συγκριθεί η ένδειξη της τελευταίας μετρήσεως με τις ενδείξεις των μετρήσεων της περιπτώσεως 3.

7. Όταν ζητείται να ελαττωθεί η τάση, που εφαρμόζεται σε ένα κύκλωμα, με τη συνδεσμολογία μιας πρόσθετης αντιστάσεως, πώς πρέπει να γίνει η συνδεσμολογία αυτή; Εν σειρά ή εν παραλλήλω;

8. Με ποιο τρόπο πρέπει να συνδεθούν δύο αντιστάσεις σε ένα κύκλωμα, για να επιτευχθεί κυκλοφορία μεγαλύτερου συνολικού ρεύματος στο κύκλωμα αυτό;

9. Να αναφερθούν οι ιδιότητες (τάσεις και ρεύματα στις καταναλώσεις) κυκλωμάτων συνδεσμολογημένων εν σειρά και εν παραλλήλω.

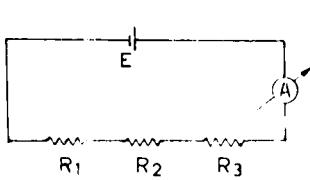
## ΑΣΚΗΣΗ 11

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

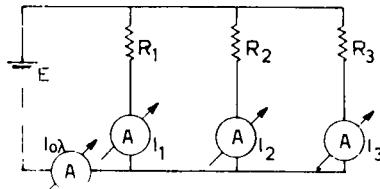
Στις ασκήσεις 8, 9 και 10 εξετάσθηκε το θέμα της συνδέσεως καταναλώσεων στα ηλεκτρικά κυκλώματα κατά διάφορους τρόπους. Στην άσκηση αυτή γίνεται μια ανακεφαλαίωση των θεμάτων, που εξετάσθηκαν στις τρεις εκείνες ασκήσεις. Στα κυκλώματα της τωρινής ασκήσεως χρησιμοποιούνται απλώς ωμικές αντιστάσεις, στη θέση των ηλεκτρικών λαμπτήρων των προηγουμένων ασκήσεων, και εξετάζονται πάλι οι εξής τρεις περιπτώσεις συνδεσμολογίας κυκλωμάτων:

a) **Συνδεσμολογία καταναλώσεων εν σειρά** (σχ. 11.α).

$R_{\text{ολ.}} = R_1 + R_2 + R_3$ .  
( $R_{\text{ολ.}}$  =  $R_{\text{ολική}}$  δηλαδή η ισοδυναμή αντιστασή του κυκλώματος).



Σχ. 11.α.



Σχ. 11.β.

b) **Συνδεσμολογία καταναλώσεων εν παραλλήλω** (σχ. 11.β).

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

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

Στην περίπτωση κατέ την οποία οι καταναλώσεις είναι μόνο δύο:

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

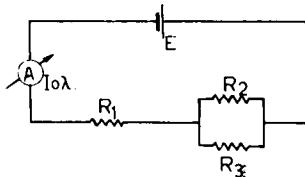
γ) Μικτή συνδεσμολογία:

**Παράδειγμα Α'** (σχ. 11.γ).

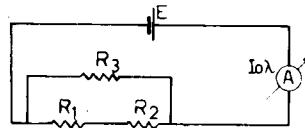
$$R_{\text{ολ.}} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

**Παράδειγμα Β'** (σχ. 11.δ).

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



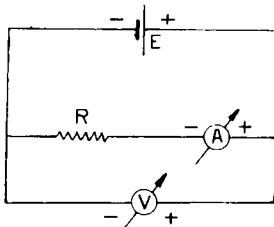
Σχ. 11.γ.



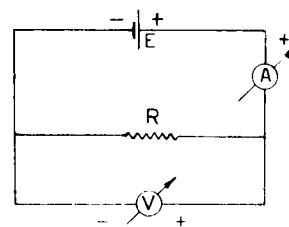
Σχ. 11.δ.

Από όσα έχουν λεχθεί στις προηγούμενες ασκήσεις, η τιμή μιας αντιστάσεως βρίσκεται: α) Αν μετρηθεί με ωμόμετρο. β) Με τον κώδικα των χρωμάτων, εφ' όσον η αντίσταση έχει χρώματα. γ) Με την εφαρμογή του νόμου του Ωμ, εφ' όσον είναι γνωστά τα άλλα στοιχεία (τάση στα άκρα της αντιστάσεως και ένταση ρεύματος μέσα στην αντίσταση).

Για τον υπολογισμό της αντιστάσεως κατά την τρίτη περίπτωση χρησιμοποιείται μια πηγή, ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο. Συνδέεται η αντίσταση στην πηγή, συνδέονται και τα όργανα κατάλληλα, οπότε υπολογίζεται η τιμή της αντιστάσεως από τις ενδείξεις τάσεως και ρεύματος, που παρέχουν τα όργανα. Τα σχήματα 11.ε



Σχ. 11.ε.



Σχ. 11.στ.

και 11.στ δείχνουν τις συνδεσμολογίες, που πρέπει να πραγματοποιηθούν για τη λήψη των ζητουμένων μετρήσεων. Και οι δύο συνδεσμολογίες θεωρούνται ορθές. Η εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου είναι πολύ μεγάλη και η εσωτερική αντίσταση του αμπερομέτρου είναι πολύ μικρή. Επομένως στις περισσότερες από τις συνήθεις μετρήσεις οι αντιστάσεις αυτές των οργάνων θεωρούνται αμελητέες,

και συνεπώς από τις ενδείξεις των οργάνων στις συνδεσμολογίες αυτές υπολογίζεται η αντίσταση εφαρμόζοντας τη σχέση:

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

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Δίνονται τρεις αντιστάσεις, ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), ( $R_3$ ), και μια πηγή συνεχούς ρεύματος. Να συνδεσμολογηθούν ανά μία οι αντιστάσεις στην πηγή και να μετρηθεί: α) Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα. β) Η τάση στα άκρα της αντιστάσεως. Από τις ενδείξεις τάσεως και εντάσεως να υπολογισθεί η τιμή της αντιστάσεως.

Οι ενδείξεις των μετρήσεων και τα αποτελέσματα των υπολογισμών να γραφουν στις σχετικές στήλες του επόμενου πίνακα:

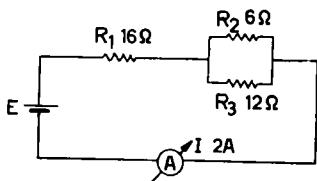
	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
$R_1$			
$R_2$			
$R_3$			

2. Να συνδεσμολογηθούν οι τρεις (ίδεις αντιστάσεις: α) Εν σειρά. β) Εν παραλλήλω και γ) κατά μικτή συνδεσμολογία, όπως δείχνουν τα σχήματα 11.α, β, γ. Να ληφθούν οι μετρήσεις εντάσεως και τάσεως σε κάθε περίπτωση και από αυτές να υπολογισθεί η ολική αντίσταση του κυκλώματος. Να σχεδιασθούν οι πραγματοποιηθείσες συνδεσμολογίες και να γραφούν τα αποτελέσματα στον επόμενο πίνακα:

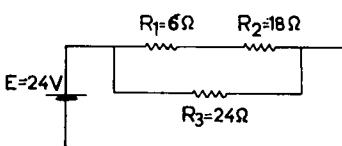
$R_1, R_2, R_3$	Τάση (V)	Ένταση (A)	Αντίσταση ( $\Omega$ )
Εν σειρά			
Εν παραλλήλω			
Κατά μικτή σύνδεση ( $A'$ )			
Κατά μικτή σύνδεση ( $B'$ )			

3. Στην εν παραλλήλω συνδεσμολογία, να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος σε κάθε κλάδο του κυκλώματος και να υπολογισθεί από αυτήν και από την τάση, χωριστά η τιμή των αντιστάσεων ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), και ( $R_3$ ). Από τις τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), και ( $R_3$ ) να υπολογισθεί η ολική αντίσταση του κυκλώματος ( $R_{\text{ολ}}$ ) και να συγκριθεί με εκείνη που βρέθηκε από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως για την εν παραλλήλω συνδεσμολογία. Επίσης να συγκριθούν οι υπολογισθείσες τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ) με εκείνες, που βρέθηκαν στην περίπτωση 1.

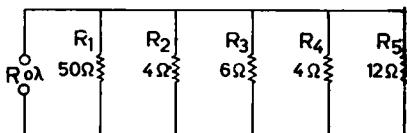
4. Να υπολογισθεί η τάση της πηγής στο κύκλωμα του σχήματος 11.ζ.  
 5. Να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος ( $I_{o\lambda}$ ) στο κύκλωμα του σχήματος 11.η.  
 6. Να υπολογισθεί η ( $R_{o\lambda}$ ) του κυκλώματος του σχήματος 11.θ.



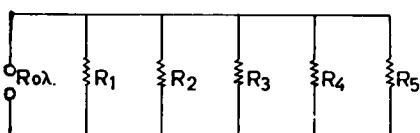
Σχ. 11.ζ.



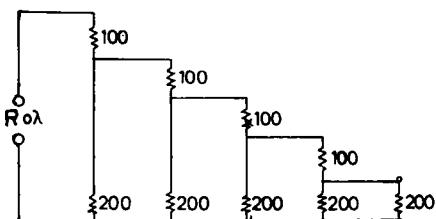
Σχ. 11.η.



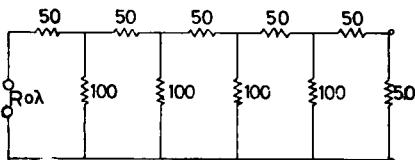
Σχ. 11.θ.



Σχ. 11.ι.



Σχ. 11.ια.



Σχ. 11.ιβ.

7. Να υπολογισθεί η ( $R_{o\lambda}$ ) του κυκλώματος του σχήματος 11.ι και να βρεθεί απλός τύπος για την περίπτωση πολλών ίσων αντιστάσεων που συνδέονται εν παραλλήλω.

Εάν η τιμή κάθε αντιστάσεως είναι  $10 \Omega$ , πόση είναι η ( $R_{o\lambda}$ )?

8. Στα κυκλώματα των σχημάτων 11.ια και 11.ιβ να υπολογισθεί η ( $R_{o\lambda}$ ). Οι αναγραφόμενες τιμές των αντιστάσεων δίνονται σε ( $\Omega$ ).

## ΑΣΚΗΣΗ 12

### ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

#### A. Με τη Μέθοδο της Συγκρίσεως.

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

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

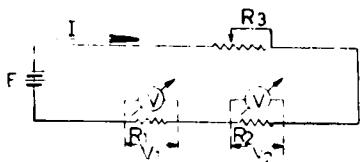
Οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ), που επικρατούν στα άκρα των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ), ισούνται αντίστοιχα με:

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

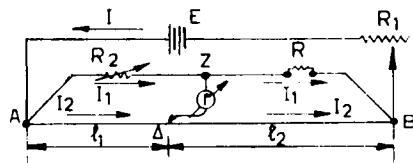
Από τη διαίρεση των δύο παραπάνω σχέσεων κατά μέλη προκύπτει:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1 \cdot I}{R_2 \cdot I} \quad \text{καὶ} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad \text{όπότε} \quad R_1 = \frac{V_1}{V_2} \cdot R_2$$

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 αντιστάσεως ( $R_1$ ).



Σχ. 12.α.



Σχ. 12.β.

#### B. Με 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 δε ( $R$ ) 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 εντάσεως του ολικού ρεύματος ( $I$ ) που κυκλοφορεί στο κύκλωμα.

Το γαλβανόμετρο δεν δείχνει καμιά διέλευση ρεύματος, όταν η διαφορά δυναμικού στα σημεία ( $Z$ ), ( $\Delta$ ) της γέφυρας είναι μηδέν. Στην περίπτωση αυτή η τάση στα άκρα της ( $R_2$ ) είναι ίση προς την τάση στα άκρα του τμήματος ( $A\Delta$ ) της αντιστάσεως ευθύγραμμου σύρματος. Το ίδιο ισχύει και για το άλλο τμήμα της γέφυρας, δηλαδή η τάση στα άκρα της άγνωστης αντιστάσεως ( $R$ ) είναι ίση προς την τάση στα άκρα του τμήματος ( $B\Delta$ ) του ευθύγραμμου σύρματος.

Εάν ( $I_1$ ) είναι το μήκος του σύρματος ( $A\Delta$ ) και ( $I_2$ ) το μήκος του ( $B\Delta$ ), τότε κατά την κατάσταση ισορροπίας, όταν δηλαδή η διαφορά δυναμικού μεταξύ ( $Z$ ), ( $\Delta$ ) είναι μηδέν, ισχύουν οι σχέσεις:

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

(κ είναι ένας συντελεστής, που εισάγεται, επειδή χρησιμοποιούνται τα μήκη  $I_1$  και  $I_2$ , αντί για τις ωμικές αντιστάσεις των συρμάτων).

Από τη διαίρεση των δύο αυτών σχέσεων κατα μέλη προκύπτει:

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

Επομένως, εάν είναι γνωστά τα στοιχεία ( $R_2$ ), ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ), υπολογίζεται η άγνωστη αντίσταση ( $R$ ).

Η ( $R_2$ ) πρέπει να είναι μεταβλητή αντίσταση βαθμολογημένη σε  $\Omega$ . Επίσης τα μήκη ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) για κάθε κατάσταση ισορροπίας μετρούνται αμέσως σε βαθμολογημένη κλίμακα, παράλληλα προς την οποία βρίσκεται η ευθύγραμμη αντίσταση.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 12.α. Σ' αυτό η μεν ( $R_1$ ) έχει άγνωστη τιμή, η δε ( $R_2$ ) γνωστή τιμή. Να ρυθμισθεί η μεταβλητή αντίσταση ( $R_3$ ), ώστε οι τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ), να δημιουργούν εμφανείς αποκλίσεις των δεικτών των οργάνων ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ), για να διευκολύνονται οι μετρήσεις και από αυτές οι υπολογισμοί. Να ληφθούν οι ενδείξεις των ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ) και ακολούθως, από τη σχέση:

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

να υπολογισθεί η άγνωστη ( $R_1$ ).

2. Να επαναληφθεί η ίδια εργασία και για άλλες τρεις άγνωστες αντιστάσεις στη θέση της ( $R_1$ ). Οι ενδείξεις των μετρήσεων και οι υπολογισμοί να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα.

Αντιστάσεις	$R_2$ (σε $\Omega$ )	$V_1$ (σε V)	$V_2$ (σε V)	$R_1$ (σε $\Omega$ )
1				
2				
3				

3. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 12.β. Να ρυθμισθεί η ( $R_1$ ), ώστε το γαλβανόμετρο για δείχνει μικρό ρεύμα, όταν η επαφή ( $\Delta$ ) βρίσκεται περίπου στο μέσο της χορδής ( $AB$ ). Μετά να ρυθμισθεί η ( $R_2$ ), ώστε το ρεύμα που περνά από το γαλβανόμετρο να μηδενισθεί. Τότε η γέφυρα βρίσκεται σε ισορροπία. Στην κατάσταση ισορροπίας να μετρηθούν η ( $R_2$ ) (με ωμόμετρο, εάν δεν είναι βαθμολογημένη) και τα μήκη ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ). Ακολούθως από τις γνωστές ( $R_2$ ), ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ), να υπολογισθεί η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως ( $R$ ).

4. Να μεταβληθεί η τιμή της αντιστάσεως ( $R_2$ ) και να επιδιωχθεί ξανά ισορροπία της γέφυρας με μετακίνηση του δρομέα ( $\Delta$ ) επάνω στην αντίσταση — ευθύγραμμο σύρμα. Να γραφούν οι ενδείξεις των ( $R_2$ ), ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) και από αυτές να υπολογισθεί ξανά η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως ( $R$ ).

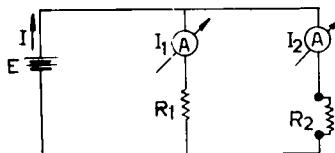
5. Να επαναληφθεί η εργασία της προηγούμενης ερωτήσεως πέντε ακόμη φορές, για πέντε διαφορετικές τιμές της ( $R_2$ ) και να υπολογισθεί για κάθε περίπτωση η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως ( $R$ ). Οι ενδείξεις των μετρήσεων και οι υπολογισμοί να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

$R_2$ ( $\Omega$ )	$I_1$ (cm)	$I_2$ (cm)	$R$ ( $\Omega$ )	Μέσος όρος
1				
2				
3				
4				
5				

6. Εάν από τις προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμούς προκύπτουν, από κάθε περίπτωση, διαφορετικές τιμές της άγνωστης ( $R$ ), να υπολογισθεί ο μέσος όρος των τιμών αυτών και να γραφεί στη σχετική στήλη του πίνακα.

7. Εάν η αντίσταση ( $R_2$ ) είναι ίση ή διπλάσια ή τριπλάσια από την ( $R$ ), ποια σχέση θα υφίσταται μεταξύ των μηκών ( $AD$ ) και ( $DB$ ) της αντιστάσεως σύρματος της γέφυρας;

8. Δίνεται το κύκλωμα του σχήματος 12.γ.



Σχ. 12.γ.

Εάν σ' αυτό η ( $R_1$ ) και οι εντάσεις ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) είναι γνωστές, να ευρεθεί τύπος υπολογισμού της (άγνωστης) ( $R_2$ ) από τις ( $R_1$ ), ( $I_1$ ), ( $I_2$ ).

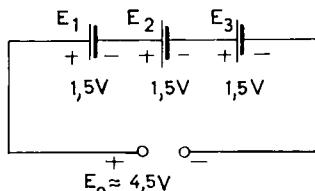
## ΑΣΚΗΣΗ 13

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ

#### Μέτρηση ΗΕΔ.

Α. Στην πρώτη άσκηση αναφέρθηκαν με συντομία τα περί ηλεκτρικών στοιχείων και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων συνδεσμολογιών τους. Στην τωρινή άσκηση επιχειρείται περισσότερο λεπτομερής εξέταση των τριών τρόπων συνδεσμολογίας ηλεκτρικών στοιχείων, δηλαδή εν σειρά, εν παραλλήλω και κατά μικτή σύνδεση.

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



Σχ. 13.α.

Το συγκρότημα αυτό των ηλεκτρικών στοιχείων λέγεται **συστοιχία ή μπαταρία**. Π.χ. μια «εξάβολτη» μπαταρία αυτοκινήτου αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία, των δύο βολτ, τα οποια είναι εν σειρά συνδεμένα, ενώ μία «δωδεκάβολτη» αποτελείται από έξι στοιχεία εν σειρά. Στην εν σειρά σύνδεση οι τάσεις των στοιχείων δεν είναι απαραίτητο να είναι ίσες μεταξύ τους.

Τα χαρακτηριστικά μιας εν σειρά συνδεσμολογίας στοιχείων και γενικά ηλεκτρικών πηγών είναι:

α) Η τάση στα άκρα της συστοιχίας είναι (ίση με το άθροισμα των τάσεων των στοιχείων, από τα οποία αποτελείται η συστοιχία).

β) Η εσωτερική αντίσταση που παρουσιάζει η συστοιχία, είναι (ίση με το άθροισμα των εσωτερικών αντιστάσεων των στοιχείων της).

γ) Η ένταση του ρεύματος, που μπορεί να παρέχει η συστοιχία, είναι (ίση μόνο με την ένταση του ρεύματος, που μπορεί να παρέχει ένα από τα στοιχεία της και μάλιστα εκείνο, που παρέχει τη μικρότερη ένταση). Οποιαδήποτε προσπάθεια για παροχή ρεύματος μεγαλύτερης εντάσεως θα οδηγήσει στην καταστροφή του στοιχείου αυτού.

#### II. Συνδεσμολογία στοιχείων εν παραλλήλω (σχ. 13.β).

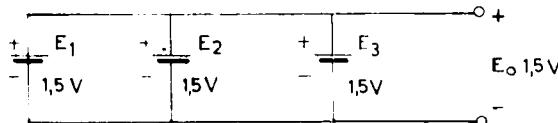
Για να πραγματοποιηθεί συνδεσμολογία στοιχείων εν παραλλήλω απαιτούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

α) Όλα τα στοιχεία να παρέχουν τη ίδια τάση (ταυτότητα ονομαστικών τάσεων).

β) Όλα τα στοιχεία να έχουν όμοιες εσωτερικές αντιστάσεις.

Τα χαρακτηριστικά της εν παραλλήλω συνδεσμολογίας είναι:

α) Η τάση στα άκρα της συστοιχίας είναι ίση προς την τάση ενός μόνου στοιχείου.



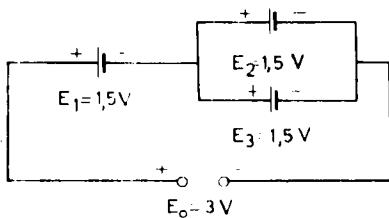
Σχ. 13.β.

β) Το ρεύμα, που μπορεί να παρέχει η συστοιχία σε εξωτερικό κύκλωμα, είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων, που μπορεί να παρέχουν τα στοιχεία που την αποτελούν.

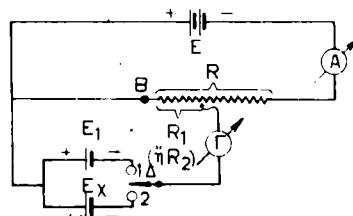
### III. Μικτή συνδεσμολογία στοιχείων (σχ. 13.γ).

Τα χαρακτηριστικά αυτής της συνδεσμολογίας είναι τα χαρακτηριστικά που έχουν τα επί μέρους κυκλώματα εν σειρά και εν παραλλήλω.

Β. **Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ)** μιας πηγής είναι η διαφορά δυναμικού, που επικρατεί στους πόλους της πηγής, όταν αυτή δεν παρέχει ρεύμα, δηλαδή, όταν δεν είναι συνδεσμολογημένη σε κύκλωμα. **Πολική τάση** μιας πηγής είναι η διαφορά δυναμικού, που επικρατεί στους πόλους της πηγής, όταν αυτή παρέχει ρεύμα στο κύκλωμα.



Σχ. 13.γ.



Σχ. 13.δ.

Εάν επιχειρηθεί η μέτρηση της ΗΕΔ μιας πηγής με βολτόμετρο, θα κυκλοφορήσει στο όργανο ρεύμα και έτσι αντί για την ΗΕΔ, θα μετρηθεί η πολική τάση. Η ΗΕΔ συνεπώς μπορεί να μετρηθεί μόνο με έμμεσο τρόπο, όπως είναι η μέθοδος της αντισταθμίσεως (σχ. 13.δ).

Όπως φαίνεται στο σχήμα, μια πηγή ( $E$ ) με σταθερή ΗΕΔ και εσωτερική αντίσταση τροφοδοτεί μεταβλητή αντίσταση ( $R$ ), που είναι ευθύγραμμο σύρμα με σημαντική ωμική αντίσταση. Η ( $E_1$ ) είναι πρότυπο στοιχείο γνωστής ΗΕΔ και τροφοδοτεί ένα τμήμα της ( $R$ ). Η ( $E_x$ ) είναι η πηγή της αγνωστής ΗΕΔ, την οποία επιθυμούμε να μετρήσουμε.

Τοποθετείται πρώτα ο διακόπτης ( $\Delta$ ) στη θέση 1 και μετακινείται η κινητή επαφή ( $K$ ), ώστε το όργανο ( $\Gamma$ ), που είναι εν σειρά στο κύκλωμα της ( $E_1$ ), να δείξει

μηδέν. (Το όργανο  $\Gamma$  είναι γαλβανόμετρο με μηδενική ένδειξη στο μέσο της κλίμακας).

Η μηδενική ένδειξη του γαλβανομέτρου εξηγείται ως εξής: Το ρεύμα ( $I$ ), που προκαλεί η πηγή ( $E$ ), καθώς διέρχεται από την ( $R$ ), δημιουργεί μια τάση (πτώση τάσεως) και στο τμήμα ( $BK$ ) της αντιστάσεως αυτής. Εάν λοιπόν η τάση αυτή, με τη μετακίνηση της επαφής ( $K$ ), γίνει ίση προς την τάση ( $HEΔ$ ) της πηγής ( $E_1$ ), οι δύο τάσεις αντισταθμίζονται (η μία εξουδετερώνει την άλλη) και συνεπώς από το γαλβανόμετρο ( $\Gamma$ ) δε θα διέλθει ρεύμα. Στην κατάσταση αυτή της ισόρροπίας ισχύει η σχέση:

$$E_1 = R_1 \cdot I.$$

όπου: ( $R_1$ ) είναι η αντίσταση του τμήματος ( $BK$ ).

Σημειώνεται η θέση επάνω στη ( $R$ ), για την οποία έχει επιτευχθεί ισορροπία, δηλαδή η αντιστάθμιση της ( $E_1$ ), και ακολούθως στρέφεται ο διακόπτης ( $\Delta$ ) στη θέση 2, οπότε στο κύκλωμα συνδέεται η πηγή ( $E_x$ ), με την άγνωστη  $HEΔ$ . Μετακινείται η επαφή ( $K$ ), όπως προηγουμένως, και όταν επιτευχθεί πάλι μηδενική ένδειξη του γαλβανομέτρου ισχύει η σχέση:

$$E_x = R_2 \cdot I,$$

όπου: ( $R_2$ ) είναι η αντίσταση του τμήματος ( $BK$ ) για τη νέα θέση της επαφής ( $K$ ).

Η μη κυκλοφορία ρεύματος στο όργανο ( $\Gamma$ ) και στις δύο περιπτώσεις σημαίνει, όπως αναφέρθηκε, ότι η πτώση τάσεως στα τμήματα αντιστάσεως ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) της ( $R$ ), η οποία προκαλείται από την κυκλοφορία του ρεύματος ( $I$ ), που παρέχει η πηγή ( $E$ ), αντισταθμίζει την  $HEΔ$  κάθε μιας από τις πηγές ( $E_1$ ) και ( $E_x$ ) αντιστοιχώς.

Δια διαιρέσεως κατά μέλη των δύο παραπάνω σχέσεων προκύπτει:

$$\frac{E_1}{E_x} = \frac{R_1 \cdot I}{R_2 \cdot I} \quad \text{και από αυτή } E_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot E_1.$$

Η ( $E_1$ ) είναι πρότυπο στοιχείο γνωστής τάσεως. Οι αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) μπορεί να μετρηθούν. Επίσης αντί για τις αντιστάσεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), μπορεί να τεθούν στον τύπο που βρέθηκε τα αντίστοιχα μήκη του σύρματος των αντιστάσεων ( $l_1$ ) και ( $l_2$ ), εφ' όσον η ( $R$ ) είναι αντίσταση ευθύγραμμου σύρματος.

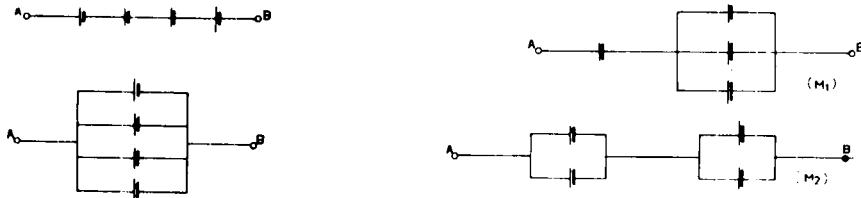
Με τον τρόπο, που περιγράφεται παραπάνω, προσδιορίζεται η τιμή της άγνωστης  $HEΔ$  μιας πηγής χωρίς άμεση μέτρησή της.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθούν συνδυασμοί τεσσάρων ξηρών στοιχείων και κατά τους τρεις τρόπους συνδεσμολογίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 13.ε. Να γίνουν μετρήσεις των τάσεων στα σημεία A — B, και σε κάθε περίπτωση οι ενδείξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

2. Εάν η εσωτερική αντίσταση καθενός από τα προηγούμενα στοιχεία είναι 0,2  $\Omega$ , να υπολογισθεί, για κάθε συνδεσμολογία  $(r)$  της συστοιχίας και να συμπληρωθεί ο πίνακας της προηγούμενης ερωτήσεως.

3. Με τη μέθοδο της αντισταθμίσεως να μετρηθεί η ΗΕΔ των τριών ηλεκτρικών στοιχείων, που δίνονται στην άσκηση (βλέπε σχετικό κύκλωμα στη θεωρία).



Σχ. 13.ε.

Σύνδεση	$E_0$ (V)	$r$ συστοιχίας ( $\Omega$ )
Εν σειρά		
Εν παραλλήλω		
Κατά μικτή σύνδεση ( $M_1$ )		
Κατά μικτή σύνδεση ( $M_2$ )		

4. Να μετρηθεί η τάση των τριών αυτών στοιχείων με βολτόμετρο και να σημειωθεί η διαφορά των δύο μετρήσεων.

5. Να πραγματοποιηθεί από ληλεκτρικό κύκλωμα, στο οποίο να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ένα από τα τρία στοιχεία της ασκήσεως. Να μετρηθεί: a) Η τάση στα άκρα του στοιχείου, όταν αύτό παρέχει ρεύμα στο κύκλωμα (πολική τάση), και β) η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.

Το ίδιο να επαναληφθεί και με τα άλλα δύο στοιχεία και όλες οι ενδείξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

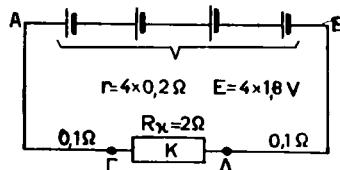
6. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθούν η εσωτερική πτώση τάσεως σε κάθε στοιχείο καθώς και η εσωτερική αντίστασή του. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών να γραφούν στις σχετικές στήλες του επόμενου πίνακα.

Στοιχεία	ΗΕΔ (V)	Πολική τάση (V)	Ένταση (A)	Εσωτερική πτώση τάσεως (V)	Εσωτερική αντίσταση ( $\Omega$ )
1					
2					
3					

7. Μια συστοιχία αποτελείται από τέσσερα στοιχεία, κάθε ένα από τα οποία έχει ΗΕΔ (στη προς  $1,8 \text{ V}$ ) και εσωτερική αντίσταση  $0,2 \Omega$ . Η συστοιχία τροφοδοτεί ένα συγκρότημα λαμπτήρων ( $K$ ), που έχουν συνολική αντίσταση  $R_K = 2 \Omega$ . Οι συνδετικοί αγωγοί ( $\Delta\Gamma$ ) και ( $\Delta\Delta$ ) (σχ. 13.στ) παρουσιάζουν αντίσταση  $0,1 \Omega$  ο καθένας.

Να υπολογισθεί:

- α) Η ΗΕΔ ( $E$ ) της συστοιχίας. β) Η εσωτερική αντίσταση ( $r$ ) της συστοιχίας. γ) Η συνολική αντίσταση ( $R$ ) του εξωτερικού κυκλώματος. δ) Η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα. ε) Η τάση στα σημεία ( $\Gamma\Delta$ ). στ) Η πτώση τάσεως στους συνδετικούς αγωγούς. ζ) Η πολική τάση της συστοιχίας.



Σχ. 13 · στ.

## ΑΣΚΗΣΗ 14

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

Γενικώς, οι κάθε είδους ηλεκτρικές συσκευές κατασκευάζονται για να λειτουργούν σύμφωνα με τα ονομαστικά τους στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά αναγράφονται στην κατασκευαστική πινακίδα των συσκευών και είναι: **η τάση λειτουργίας και η ένταση ή η τάση και η ισχύς καταναλώσεως των συσκευών.**

Μια ηλεκτρική συσκευή, για να λειτουργεί ομαλά, δηλαδή χωρίς να υπερθερμαίνεται, πρέπει να τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση, οπότε θα διαρρέεται από το κανονικό (επιτρεπόμενο) ρεύμα. Εάν το ρεύμα που διαρρέει τη συσκευή είναι μικρότερο από το κανονικό, τότε η συσκευή δεν θα λειτουργεί με πλήρη απόδοση ή και δεν θα λειτουργεί καθόλου. Αντίθετα, εάν το ρεύμα είναι μεγαλύτερο από το κανονικό, τότε η συσκευή θα υπερθερμαίνεται και αργά ή γρήγορα θα καταστραφεί.

Σε πολλές περιπτώσεις παρουσιάζεται το εξής πρόβλημα: Μια συσκευή κατασκευασμένη για ορισμένη τάση λειτουργίας (π.χ. 110 V, τέτοιες είναι οι Αμερικανικές κατασκευής συσκευές) πρέπει να εργασθεί σε δίκτυο μεγαλύτερης τάσεως (π.χ. 220 V). Φυσικά, εάν η συσκευή συνδεθεί απ' ευθείας στο νέο δίκτυο, δηλαδή τη μεγαλύτερη αυτή τάση, θα καταστραφεί. Η λύση του προβλήματος, δηλαδή ο περιορισμός του ρεύματος που διέρχεται από τη συσκευή, στην κανονική του τιμή ή η προσαρμογή της τάσεως της πηγής προς την τάση λειτουργίας της συσκευής, επιτυγγάνεται γενικώς κατά δύο τρόπους:

#### a) **Με μετασχηματιστή προσαρμογής.**

Ο μετασχηματιστής αυτός λέγεται και μετασχηματιστής τροφοδοτήσεως ή δικτύου και εργάζεται μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Στην άσκηση 35 εξετάζονται τα διάφορα είδη των μετασχηματιστών.

#### b) **Με προστατευτική αντίσταση.**

Η προστατευτική αντίσταση, που μελέτούμε στην άσκηση αυτή, συνδέεται εν σειρά με τη συσκευή, ώστε και οι δύο μαζί να δίνουν άθροισμα αντιστάσεως, που να περιορίζει την ένταση του ρεύματος στην τιμή την απαιτούμενη για την κανονική λειτουργία της συσκευής. Με τη συνδεσμολογία αυτή η προστατευτική αντίσταση δημιουργεί την απαιτούμενη πτώση τάσεως, ώστε στα άκρα της συσκευής να εφαρμόζεται η κανονική για τη λειτουργία τάση.

Η προστατευτική αντίσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε κύκλωμα συνεχούς όσο και σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος. Στο σχήμα 14.a φαίνεται ο τρόπος συνδεσμολογίας προστατευτικής αντιστάσεως και συσκευής.

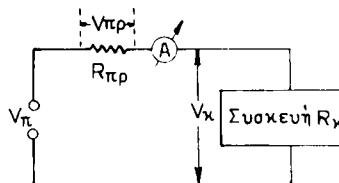
Στο κύκλωμα αυτό:

$(V_k)$  είναι η κανονική τάση λειτουργίας της καταναλώσεως, που 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, που πρέπει να δημιουργηθεί στην  $(R_{np})$ , ώστε:  $V_{np} + V_k = V_n$ .

Ο υπολογισμός της προστατευτικής αντιστάσεως είναι απλός και γίνεται ως εξής:



Σχ. 14.α.

Η  $(R_{np})$  συνδέεται εν σειρά με τη συσκευή και επομένως θα διαρρέεται από το διο με αυτήν ρεύμα. Επίσης πρέπει να προκαλείται σ' αυτή μια πτώση τάσεως τόση, ώστε το 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,  $(I_k)$  το επιτρεπόμενο ρεύμα στο κύκλωμα (δηλαδή στη συσκευή) και  $(V_n)$  η τάση της πηγής, τότε:

$$R_{np} + R_k = \frac{V_n}{I_k}, \text{ οπότε: } R_{np} = \frac{V_n}{I_k} - R_k.$$

Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγει ο υπολογισμός, και μάλιστα με λιγότερες πράξεις, όταν αντί της  $(V_n)$  χρησιμοποιηθεί στον τύπο η  $(V_{np})$  και δεν αφαιρεθεί τότε η  $(R_k)$ .

$$\text{Η } V_{np} = V_n - V_k, \text{ οπότε: } R_{np} = \frac{V_{np}}{I_k}$$

Μετά την εύρεση της τιμής της αντιστάσεως, πρέπει να υπολογισθεί και η ισχύς της.

Η ισχύς υπολογίζεται ως το γινόμενο:

$$R_{np} \cdot I_k^2 \text{ ή } V_{np} \cdot I_k.$$

Είναι αρκετά δύσκολο να βρεθεί στο εμπόριο η προστατευτική αντίσταση, ακριβώς με την ωμική τιμή και την ισχύ, που έχουν υπολογισθεί. Γι' αυτό θα πρέπει ο τεχνικός πολλές φορές να κατασκευάσει ο ίδιος από τα υπάρχοντα στην αγορά ειδικά σύρματα.

Τα σύρματα, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αντιστάσεων, χαρακτη-

ρίζονται από την «ειδική αντίσταση» του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένα, και από τη διατομή (το πάχος) τους.

**Ειδική αντίσταση** είναι ένας συντελεστής, που χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά ενός υλικού από άποψη αντιστάσεως, την οποία το υλικό αυτό παρουσιάζει στην κυκλοφορία του ρεύματος. Είναι σταθερό χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε υλικού και ορίζεται ως η αντίσταση, που παρουσιάζει ένα κομμάτι από το εξεταζόμενο υλικό μήκους ενός μέτρου και διατομής ενός τετραγωνικού χιλιοστού.

Η ειδική αντίσταση συμβολίζεται με το γράμμα ( $\rho$ ) και δίνεται από τη σχέση:

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

όπου ( $R$ ) είναι η ολική αντίσταση του εξεταζόμενου σύρματος σε ωμ.

( $S$ ) είναι η διατομή του σε τετραγωνικά χιλιοστά ( $mm^2$ ).

( $l$ ) είναι το μήκος του σύρματος σε μέτρα (m).

Στις εφαρμογές το πρόβλημα της κατασκευής μιας προστατευτικής αντιστάσεως τίθεται συνήθως ως εξής: Είναι γνωστή η ισχύς της αντιστάσεως σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν παραπάνω. Με βάση την ισχύ αυτή υπολογίζεται η ένταση του ρεύματος, που θα διέρχεται από το σύρμα, και εκλέγεται η διατομή ( $S$ ) του σύρματος. Φυσικά η εκλογή γίνεται από τα σύρματα που υπάρχουν στο εμπόριο, για τα οποία οι κατασκευαστές τους ορίζουν τις αντίστοιχα επιτρεπόμενες εντάσεις. Αφού επιλεγεί το έδος του σύρματος, είναι πια γνωστή η ειδική αντίστασή του, οπότε εφαρμόζοντας τον τελευταίο τύπο υπολογίζεται το μήκος ( $l$ ) του σύρματος, που απαιτείται για την κατασκευή της ζητούμενης προστατευτικής αντιστάσεως:

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

Επειδή το σύρμα που απαιτείται για μια γνήσια αντίσταση πιθανόν να έχει αρκετό μήκος, πρέπει να τυλιχθεί σε μονωτικό υλικό. Αντιστάσεις με μικρή ισχύ μπορούν να τυλιχθούν επάνω σε πρεσπάν ή σε βακελίτη, ενώ για αντιστάσεις με μεγαλύτερη ισχύ, επιβάλλεται η χρησιμοποίηση κεραμικού υλικού.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Δίνονται τρεις μικροί λαμπτήρες φωτισμού διαφορετικής κανονικής τάσεως (μικρότερης από 20 V) και διαφορετικού ρεύματος λειτουργίας. Να υπολογισθούν πρώτα και ακολούθως να κατασκευασθούν τρεις προστατευτικές αντιστάσεις, για να συνδεθεί και να λειτουργήσει ομαλά κάθε λαμπτήρας σε τάση 20 V.

2. Αφού τροφοδοτηθεί κάθε λαμπτήρας σε ιδιαίτερο κύκλωμα με την κανονική τάση λειτουργίας του, να μετρηθεί το ρεύμα που τον διαρρέει (ο λαμπτήρας είναι συνδεμένος στο κύκλωμα μόνος του, χωρίς καμιά προστατευτική αντίσταση).

3. Να συνδεσμολογηθούν ο λαμπτήρας και η προστατευτική αντίσταση που κατασκευάσθηκε εν σειρά. Να τροφοδοτηθεί το κύκλωμα με τάση 20 V και να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος.

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

5. Εάν μεταξύ των δύο μετρήσεων για κάθε λαμπτήρα (της μιας με τον λαμπτήρα απ' ευθείας στην κανονική του τάση και της άλλης με το λαμπτήρα και την προστατευτική αντίσταση σε τάση 20 V) παρουσιασθεί διαφορά, να δικαιολογηθεί πού οφείλεται αυτή.

6. Στο κύκλωμα του λαμπτήρα και της προστατευτικής αντίστασεως εν σειρά να ληφθούν μετρήσεις των τάσεων και να γίνει επαλήθευση της σχέσεως:

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

7. Ραδιόφωνο, συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος ισχύος 40 W, λειτουργεί κανονικά υπό τάση 110 V. Να υπολογισθεί προστατευτική αντίσταση, προκειμένου αυτό να συνδεθεί σε δίκτυο 220 V.

8. Ηλεκτρική συσκευή παρουσιάζει αντίσταση  $220 \Omega$  και είναι κατασκευασμένη για να λειτουργεί με τάση 110 V. Να υπολογισθεί προστατευτική αντίσταση, προκειμένου η συσκευή να εργασθεί σε δίκτυο 220 V.

---

## ΑΣΚΗΣΗ 15

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

Στις ασκήσεις 8, 9 και 10, στις οποίες μελετήθηκαν οι διάφοροι τρόποι συνδέσεως καταναλώσεων σε ένα κύκλωμα, διαπιστώθηκε ότι η αντίσταση, που παρουσιάζαν οι καταναλώσεις (λαμπτήρες φωτισμού) κατά τη μέτρησή 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 αυξήσεως της αντιστάσεως 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.

Αλλά και με οποιονδήποτε άλλον τρόπο και αν μεγάλωνε η θερμοκρασία του νήματος, πάλι η αντίστασή του θα μεγάλωνε.

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

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

μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους. Η σχέση μεταβολής της αντιστάσεως 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 αντιστάσεως**, σύμφωνα μέ προηγούμενη σχέση δίνεται:

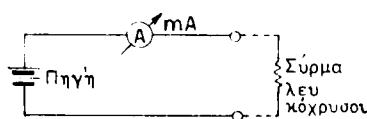
$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(\theta_2 - \theta_1)}$$

Ο θερμικός συντελεστής (α) καθορίζει πόσο μεταβάλλεται κάθε ωμ της αρχικής αντιστάσεως για κάθε βαθμό μεταβολής της θερμοκρασίας. Για τα καθαρά μέταλλα ο συντελεστής (α) είναι περίπου 0,004 και είναι θετικός, γιατί η αντίσταση των μετάλλων αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Μόνο για τον άνθρακα το (α) είναι αρνητικό, πράγμα που σημαίνει ότι η αντίσταση του άνθρακα ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία (για τον άνθρακα  $\alpha = -0,0002$  ως  $-0,0008$ ).

Τα κράματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο θερμικό συντελεστή αντιστάσεως (α), ανεξάρτητο από τα μέταλλα, από τα οποία αυτά αποτελούνται, και δική τους ειδική αντίσταση. Υπάρχουν κράματα, όπως το κονσταντάν, η μαγγανίνη και άλλα, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ειδική αντίσταση και μικρό θερμικό συντελεστή, οπότε δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Εκμετάλλευση του φαινομένου της αυξήσεως της αντιστάσεως με τη θερμοκρασία γίνεται:

a) **Στα θερμόμετρα αντιστάσεως.** Συνδεσμολογία ενός θερμομέτρου του είδους αυτού φαίνεται στο σχήμα 15.a.



Σχ. 15.a.

Όταν η αντίσταση του από λευκόχρυσο σύρματος μεταβάλλεται λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας, η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα μεταβάλλεται αντίστοιχα και το όργανο (μιλλιαμπερόμετρο) δείχνει τη μεταβολή αυτή. Αν το όργανο είναι κατάλληλα βαθμολογημένο σε βαθμούς Κελσίου, οι αποκλίσεις της βελόνης του θα δείχνουν απ' ευθείας τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

b) **Σε λυχνίες, σταθεροποιήτριας εντάσεως (λυχνίας σιδηρούδρογόνου).** Σ' αυτές μια αντίσταση από νήματα σιδήρου βρίσκεται μέσα σε γιάλινο περίβλημα, στο οποίο εμπεριέχεται και αέριο υδρογόνο. Οι λυχνίες σιδηρούδρογόνου συνδέονται εν σειρά στο κύκλωμα. Όταν αυξηθεί για οποιονδήποτε λόγο η τάση της πηγής, αυξάνεται προς στιγμή και η ένταση του ρεύματος. Αυτή όμως η στιγμιαία αύξηση του ρεύματος προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας με άμεση συνέπεια την αύξηση της αντιστάσεως του νήματος του σιδήρου. Έτσι η ένταση του ρεύματος περιορίζεται πάλι και παραμένει αισθητώς σταθερή.

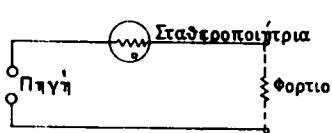
Ο σίδηρος έχει μεγάλη ειδική αντίσταση και ως εκ τούτου παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές της αντιστάσεως του μαζί με τη θερμοκρασία. Το κύκλωμα του σχήματος 15.β δείχνει συνδεσμολογία σταθεροποιήτριας σιδηρούδρογόνου.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

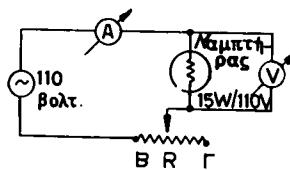
1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 15.γ και να μετρηθούν: η τάση στα άκρα του λαμπτήρα και η ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα, όταν η κινητή επαφή του ροοστάτη (R) (μεταβλητής αντιστάσεως) είναι στο σημείο (Γ) (μικρότερη δυνατή τιμή τάσεως και εντάσεως).

2. Να γίνουν οι ίδιες μετρήσεις για ποικίλες θέσεις της κινητής επαφής του ροοστάτη μεταξύ των σημείων (Β) και (Γ). Να μεταβάλλεται π.χ. η τάση του λαμπτήρα κατά 10 V, μέχρι την τιμή των 110 V. Όλες οι ενδείξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα (σελ. 71).

3. Από τις ενδείξεις τάσεων και εντάσεων και με τη βοήθεια του νόμου του Ωμ να υπολογισθεί για κάθε περίπτωση η αντίστοιχη αντίσταση και να γραφεί στη σχετική στήλη του πίνακα της περιπτώσεως 2. Από τις υπολογιζόμενες τιμές να παρατηρηθεί η μεταβολή της αντιστάσεως του λαμπτήρα λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας (που προκαλείται από τη διέλευση ρεύματος μεγαλύτερης εντάσεως).



Σχ. 15.β.



Σχ. 15.γ.

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

4. Στη θέση του λαμπτήρα να τοποθετηθεί αντίσταση άνθρακα και να επαναληφθούν οι προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμοί. Τα αποτελέσματα να γραφούν σε πίνακα όπως της περιπτώσεως 2.

δ. Να συγκριθούν και να σχολιασθούν οι μεταβολές της αντιστάσεως στις δύο περιπτώσεις.

6. Η αντίσταση του νήματος ηλεκτρικού λαμπτήρα στη θερμοκρασία των  $20^{\circ}\text{C}$  είναι 25 Ώμ. Όταν συνδεθεί στο δίκτυο (τάση 220 V), διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως 0,55 A και η θερμοκρασία του αυξάνεται και φθάνει τους  $2100^{\circ}\text{C}$ . Να υπολογισθούν: α) Η αντίσταση του λαμπτήρα εν θερμώ. β) Ο θερμικός συντελεστής αντιστάσεως του βολφραμίου, από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το νήμα του λαμπτήρα.

## ΑΣΚΗΣΗ 16

### ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΙΡΧΩΦ

#### Πτώση τάσεως

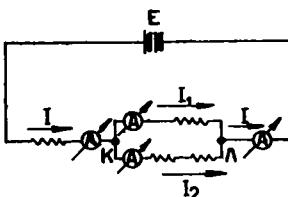
Ο πρώτος κανόνας του Κίρχωφ λέει: *Το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων, τα οποία φθάνουν σε ένα κόμπο ηλεκτρικού κυκλώματος, είναι ίσο προς το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων, τα οποία αναχωρούν από τον κόμπο αυτόν.*

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

Ο δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ, που έχει εφαρμογή σε συνδεσμολογία σειράς λέει: *Το άθροισμα των πτώσεων τάσεως σε ένα κύκλωμα πολλών καταναλώσεων που συνδέονται εν σειρά και τροφοδοτούνται από μια πηγή (κλειστό κύκλωμα) είναι ίσο προς την τάση της πηγής, η οποία τροφοδοτεί τις καταναλώσεις αυτές.*

'Όταν πρόκειται για δικτύωμα με βρόχους περισσότερους από ένα, ο δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ γενικεύεται ως εξής: *Σε κάθε βρόχο του δικτυώματος το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων του ισούται προς το αλγεβρικό άθροισμα όλων των πτώσεων τάσεως στις καταναλώσεις του.*

'Όπως είναι γνωστό από τις προηγούμενες ασκήσεις, εάν στα άκρα μιας αντιστάσεως εφαρμοσθεί μια τάση, από την αντίσταση αυτή θα διέλθει ρεύμα, του οποίου η ένταση θα είναι ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη τάση και αντιστρόφως ανάλογη προς την τιμή της αντιστάσεως (νόμος του Ωμ). Επομένως, όταν από μια αντίσταση διέρχεται ρεύμα, στα άκρα της αντιστάσεως αναπτύσσεται τάση. Η τάση αυτή ορίζεται ως πτώση τάσεως επί της αντιστάσεως. Ο υπολογισμός της πτώσεως τάσεως γίνεται με πολλαπλασιασμό της τιμής της αντιστάσεως επί την ένταση του ρεύματος, το οποίο την διαρρέει.



Σχ. 16.α.

Για να επαληθευθεί ο πρώτος κανόνας του Κίρχωφ, εστω το κύκλωμα του σχήματος 16.α.

Στο κύκλωμα αυτό κόμποι είναι ο σημείο (Κ) και (Λ). Το ρεύμα (I), που οδεύει προς τον κόμπο (Κ), διακλαδίζεται στα ρεύματα ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) και ισούται προς το άθροισμα των ρευμάτων αυτών. Δηλαδή:

$$I = I_1 + I_2.$$

Τα ρεύματα ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ), καθώς εξέρχονται στη συνέχεια από τον κόμπο (Λ), προστίθενται και συναποτελούν πάλι ένα ρεύμα εντάσεως (I).

Για το δεύτερο κανόνα του Κίρχωφ, έστω το κύκλωμα του σχήματος 16.β.

Εάν (I) είναι η ένταση του ρεύματος, το οποίο κυκλοφορεί στο κύκλωμα αυτό, οι πτώσεις τάσεως στις αντιστάσεις θα είναι:

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

και κατά το δεύτερο κανόνα του Κίρχωφ:

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

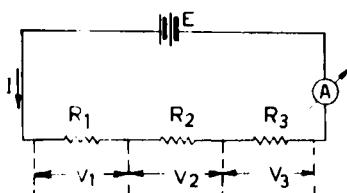
Τέλος, για την περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν περισσότεροι από ένα κλάδοι (βρόχοι) κυκλοφορίας του ρεύματος, έστω το κύκλωμα του σχήματος 16.γ.

Στο κύκλωμα αυτό το διερχόμενο από την ( $R_2$ ) ρεύμα ( $I_2$ ) ισούται προς το άθροισμα των ρευμάτων ( $I_1$ ) και ( $I_3$ ) (πρώτος κανόνας Κίρχωφ εφαρμοζόμενος στους κόμπους Κ και Λ).

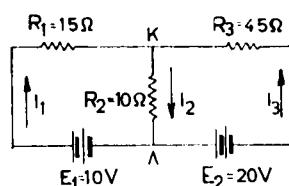
Δηλαδή:  $I_2 = I_1 + I_3$ .

Επίσης, με βάση το δεύτερο κανόνα ισχύουν οι σχέσεις:

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



Σχ. 16.β.



Σχ. 16.γ.

Εάν στις τρεις αυτές σχέσεις αντικατασταθούν οι δοσμένες τιμές των στοιχείων του κυκλώματος, δηλαδή των ΗΕΔ και των αντιστάσεων, προκύπτει προς λύση το ακόλουθο σύστημα τριων εξισώσεων με τρεις αγνώστους:

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

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

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

Στο σύστημα αυτό οι τρεις άγνωστοι είναι τα ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) και ( $I_3$ ). Αυτά είναι εκείνα, τα οποία σχεδόν πάντοτε ζητούνται σε προβλήματα αυτής της μορφής.

Η λύση του συστήματος δίνεται εδώ σε συντομία:

Από την (α):  $I_1 = I_2 - I_3$ .

Η (β) γίνεται:  $10 = 25 I_2 - 15 I_3$

και με την (γ) αποτελεί το σύστημα:

$$\begin{aligned} 10 &= 25 I_2 - 15 I_3, \\ 20 &= 10 I_2 + 45 I_3, \end{aligned}$$

από το οποίο βρίσκονται:

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

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

## ΕΡΓΑΣΙΑ

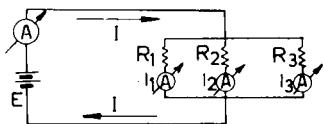
1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 16.δ.

Δηλαδή, τρεις αντιστάσεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ), συνδεμένες εν παραλλήλω, να τροφοδοτηθούν από πηγή συνεχούς τάσεως μικρής τιμής και να μετρηθούν:

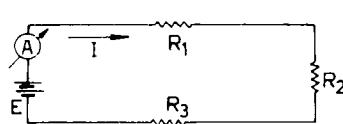
- α) Τα ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) και ( $I_3$ ) στους κλάδους.
- β) Το ολικό ρεύμα ( $I$ ) του κυκλώματος.

Οι ενδείξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα και από αυτές να επαληθευθεί ο πρώτος κανόνας του Κίρχωφ:

I	$I_1$	$I_2$	$I_3$



Σχ. 16.δ.



Σχ. 16.ε.

2. Αν έχει δοθεί η τάση (E) της πηγής και η ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα, να υπολογισθεί η ( $R_{\text{ολ}}$ ) αυτού. Να συγκριθεί η τιμή της ( $R_{\text{ολ}}$ ) με εκείνη, την οποία δίνουν οι υπολογισμοί για το εν παραλλήλω κύκλωμα, από τις τιμές των ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ), που θα βρεθούν στην παρακάτω περίπτωση 4.

3. Οι τρεις αντιστάσεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ) να συνδεθουν εν σειρα με πηγή σταθερης συνεχους τάσεως  $E = 20$  ως  $30$  V, όπως στο σχήμα 16.ε.

Να μετρηθουν:

- α) Η πτώση τάσεως σε αντίσταση.
- β) Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.

Οι ενδείξεις να γραφούν στον επόμενο πίνακα και από αυτές να επαληθευθεί ο δεύτερος κανόνας του Κίρχωφ.

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

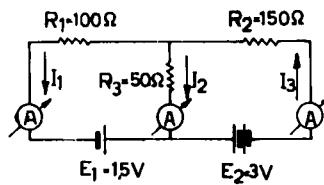
4. Να υπολογισθεί η τιμή κάθε αντιστάσεως από την τιμή του ρεύματος (I) και από την τιμή της τάσεως στα άκρα της.

5. Να πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία δικτυώματος με δύο βρόχους, όπως δείχνει το σχήμα 16.στ, και να μετρηθούν τα ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) και ( $I_3$ ).

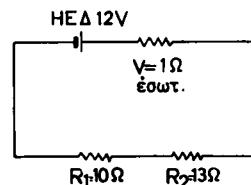
Επίσης οι τιμές των ρευμάτων αυτών να υπολογισθούν θεωρητικά από τα λοιπά στοιχεία του κυκλώματος, με βάση τους δύο κανόνες του Κίρχωφ, και να συγκριθούν με τις τιμές τις οποίες έδειξαν τα όργανα.

6. Να γραφούν οι δύο κανόνες του Κίρχωφ.

7. Τι διαφορά υπάρχει μεταξύ ΗΕΔ (ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως) και πολικής τάσεως μιας πηγής;



Σχ. 16 · στ.



Σχ. 16.ζ.

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

α) Η ένταση του ρεύματος. β) Η εσωτερική πτώση τάσεως στην πηγή. γ) Η πολική τάση της πηγής.

9. Στο κύκλωμα των δύο βρόχων, που επιλύθηκε στη θεωρία της ασκήσεως αυτής, να γίνει επαλήθευση και των δύο κανόνων του Κίρχωφ, από τις ευρεθείσες τιμές των ρευμάτων ( $I_1$ ), ( $I_2$ ), ( $I_3$ ).

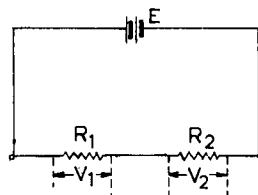
## ΑΣΚΗΣΗ 17

### ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

#### Ποτανσιόμετρο.

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

Ο απλούστερος διαιρέτης 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:  $V_2 = I \cdot R_2$ . (Το κύκλωμα είναι σε σειρά, επομένως η ένταση I του ρεύματος είναι η ίδια και στις δύο αντιστάσεις).

Από το 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 αντιστάσεως αυτης. Αν π.χ. η τάση ( $E$ ) της πηγης είναι 60 V και ζητείται η ( $V_1$ ) να είναι 20 V, η ( $V_2$ ) πρέπει να είναι 40 V.

Επομένως, από τα παραπάνω πρέπει:

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

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

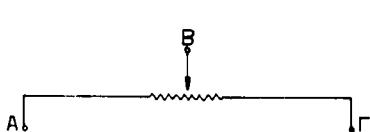
Οι τιμές των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) σε κύκλωμα, όπως της προηγουμένης περιπτώσεως, μπορούν επίσης να προδιορισθούν ως εξής: 'Εστω π.χ. ότι ζητείται η τάση ( $V_1$ ) να είναι ίση με το  $1/4$  της τάσεως ( $E$ ) της πηγής. Τότε ισχύει η εξής σχέση:

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

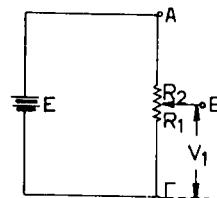
Αν π.χ. είναι  $E = 60$  V, τότε θα είναι  $V_1 = 15$  V και η ( $R_1$ ) θα πρέπει να είναι ίση προς το  $1/4$  της ολικής αντιστάσεως του κυκλώματος. Δηλαδή, αν η ολική αντίσταση είναι  $100$  kΩ, η ( $R_1$ ) θα είναι  $25$  kΩ, οπότε η ( $R_2$ ) θα είναι  $75$  kΩ.

Η γνώση των προηγουμένων σχέσεων είναι απαραίτητη για τον 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  $100$  kΩ και η ( $V_1$ ) να είναι  $19$  V, είναι προφανές ότι η ( $R_1$ ) πρέπει να είναι τότε  $19$  kΩ και επομένως η ( $R_2$ )  $81$  kΩ. Αντιστάσεις όμως αυτών των τιμών, δηλαδή  $19$  και  $81$  kΩ ακριβώς δεν υπάρχουν γενικά στο εμπόριο. Ο καλύτερος τρόπος αντιμετωπίσεως παρομοίων περιπτώσεων είναι η χρήση ποτανσιόμετρου.

Το ποτανσιόμετρο είναι μία μεταβλητή αντίσταση με τρεις λήψεις. Στο σχήμα 17.β δίνεται το θεωρητικό σύμβολο του ποτανσιόμετρου.



Σχ. 17.β.



Σχ. 17.γ.

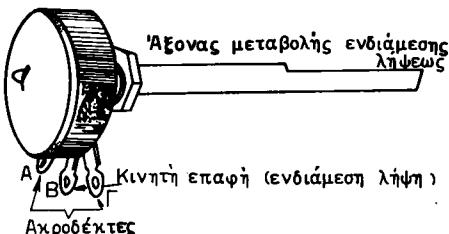
Οι δύο λήψεις στα άκρα (A) και ( $\Gamma$ ) είναι σταθερές και η τρίτη λήψη (B) είναι μεταβλητή (κινητή).

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

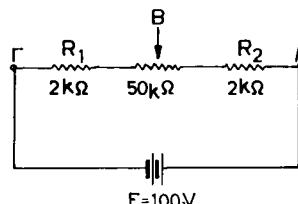
'Όταν η κινητή επαφή (B) (ενδιάμεση λήψη) κινείται προς το ( $\Gamma$ ), η αντίσταση ( $R_1$ ) ελαττώνεται, ενώ ταυτοχρόνως η ( $R_2$ ) αυξάνεται. 'Όταν η επαφή (B) κινείται προς το (A), συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή η ( $R_1$ ) αυξάνεται και η ( $R_2$ ) ελαττώνεται. 'Όταν η (B) φθάνει στο ( $\Gamma$ ), η ( $R_1$ ) γίνεται μηδέν και η ( $R_2$ ) ίση με την ολική αντίσταση του ποτανσιόμετρου. Τέλος, όταν η (B) φθάνει στο (A), η ( $R_2$ ) γίνεται μηδέν και η ( $R_1$ ) μέγιστη. 'Άρα με τη μετακίνηση της επαφής (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.

Το σχήμα 17.δ δείχνει την πραγματική όψη συνηθισμένου ποτανσιόμετρου.

Σε καινούργιες κατασκευές τα ποτανσιόμετρα συναντώνται περισσότερο με την μορφή του σύρτη, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.ε.



Σχ. 17.δ.

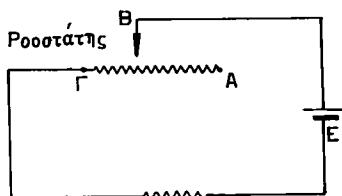


Σχ. 17.ε.

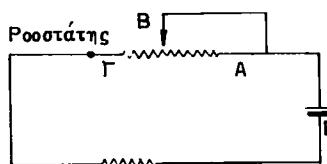
Σε ένα κύκλωμα διαιρέτη τάσεως με ποτανσιόμετρο, ο μηδενισμός των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) (των δύο τμημάτων, στα οποία διαιρείται το ποτανσιόμετρο με τη μεσαία του κινητή επαφή), και επομένως ο μηδενισμός των αντίστοιχων τάσεων, μπορεί να αποφευχθεί με τη σύνδεση αντιστάσεων σταθερών τιμών στα άκρα του ποτανσιομέτρου, όπως φαίνεται στο σχήμα 17.στ.

Αν σε ένα κύκλωμα συνδεθούν μόνο το ένα άκρο και η ενδιάμεση λήψη ενός ποτανσιόμετρου, τότε το ποτανσιόμετρο χρησιμοποιείται ως **ροοστάτης**. Τα σχήματα 17.ζ και 17.η δίνουν παρόμοια συνδεσμολογία.

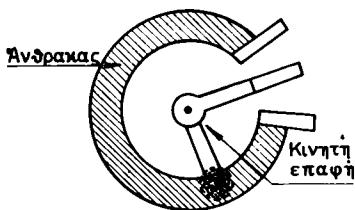
Ο ροοστάτης με τη μεταβολή της ωμικής τιμής του ρυθμίζει την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα.



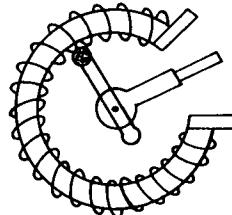
Σχ. 17.στ.



Σχ. 17.ζ.



Σχ. 17.η.



Σχ. 17.θ.

Και τα δύο είδη των αντιστάσεων αυτών, και περισσότερο τα ποτανσιόμετρα, είναι σε κοινή χρήση και όλος ο κόσμος τα χρησιμοποιεί, χωρίς συνήθως να γνωρίζει ούτε το όνομά τους, ούτε την εργασία που πραγματικά εκτελούν. Π.χ. ποτανσιόμετρο άνθρακα αντιστοιχεί στο κουμπί του ραδιοφώνου, που ρυθμίζει την ένταση της φωνής. Τομή ποτανσιομέτρου άνθρακα φαίνεται στο σχήμα 17.θ.

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

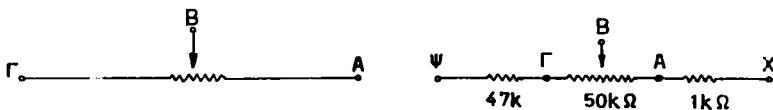
Στα ποτανσιόμετρα αυτά, σύρμα χρωμιογικελίνης ή άλλου κατάλληλου κράματος είναι τυλιγμένο σε κεραμικό μονωτικό υλικό.

Στο εμπόριο συναντώνται ποτανσιόμετρα άνθρακα με ωμική τιμή από 500 Ω ως και 10 MΩ. Τα ποτανσιόμετρα σύρματος είναι πάντοτε μικρότερη τιμής που κυμαίνεται από μερικά ωμ ως 50 kΩ.

Οι ροοστάτες είναι σχεδόν πάντοτε σύρματος και αφού συνδεθούν πάντοτε σε σειρά προς την κατανάλωση ρυθμίζουν την ένταση του ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Έχουν πολλές εφαρμογές στην Ηλεκτροτεχνία, γιατί σε πολλά κυκλώματα είναι επιθυμητή η μεταβολή της τάσεως ή της εντάσεως του ρεύματος, όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε λειτουργία. Ένα ποτανσιόμετρο, όπως αναφέρθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ροοστάτης, εφ' όσον ο ένας από τους ακροδέκτες του αφεθεί ασύνδετος (στον αέρα). Αυτό συμβαίνει π.χ. στην περίπτωση του ρυθμιστή τόνου φωνής (μπάσο-πρίμο) στα ραδιόφωνα.

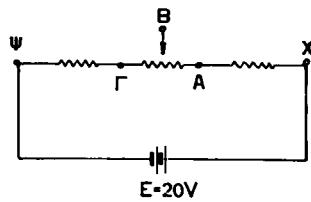
### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να μετρηθεί η ολική αντίσταση ενός ποτανσιομέτρου στα άκρα του. Με το ωμόμετρο μόνιμα συνδεμένο στα σταθερά άκρα (A) και (Γ) (σχ. 17.ια) να γίνει μεταβολή της κινητής επαφής του ποτανσιομέτρου και να διαπιστωθεί αν υπάρχει μεταβολή στην ένδειξη του οργάνου.



Σχ. 17.ι.

Σχ. 17.ια.



Σχ. 17.ιβ.

2. Με τη βοήθεια ωμομέτρου να παρακολουθηθεί η μεταβολή της αντιστάσεως μεταξύ (A) και (B) του σχήματος 17. ια καθώς η κινητή επαφή (B) κινείται προς το (Γ).

3. Να πραγματοποιηθεί επίσης η μέτρηση της αντιστάσεως μεταξύ (Γ) και (B), όταν η επαφή (B) κινείται προς το (A).

4. Να βραχυκυκλωθούν το (A) και (B) και να μετρηθεί η αντίσταση, όταν η επαφή κινείται προς το (A) ή προς το (Γ).

5. Να πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία του σχήματος 17.ιβ και να μετρηθεί η

αντίσταση μεταξύ των σημείων (X) και (Ψ), όταν η επαφή (B) κινείται μεταξύ (A) και (Γ). Να διαπιστωθεί ότι η μετάκινηση της λήψεως (B) καμία μεταβολή δεν επιφέρει στην ολική αντίσταση της συνδεσμολογίας. Μεταβολή εξασφαλίζεται μόνο μεταξύ του ενός άκρου και της ενδιάμεσης λήψεως (B).

6. Η συνδεσμολογία του σχήματος 17.iγ να τροφοδοτηθεί με τάση 20 V και να μετρηθούν οι τάσεις στα σημεία (A-X), (Γ-X) και (Ψ-X).

7. Στο προηγούμενο κύκλωμα να μετρηθεί επίσης η μεταβολή της τάσεως μεταξύ των σημείων (B) και (X), όταν η επαφή (B) κινείται προς το (A).

8. Να αποσυνδεθεί η πηγή και να ληφθούν μετρήσεις της αντιστάσεως μεταξύ (B) και (X), όταν η ενδιάμεση λήψη (B) κινείται προς το (A).

9. Να εξηγηθεί με λίγα λόγια: α) Τι είναι διαιρέτης τάσεως. β) Τι είναι ποτανσιόμετρο. γ) Τι είναι ροοστάτης.

---

## ΑΣΚΗΣΗ 18

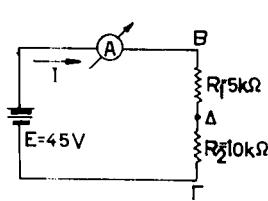
### ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΔΙΑΙΡΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Στην προηγούμενη άσκηση μελετήθηκε το κύκλωμα διαιρέτη τάσεως, ο οποίος όμως δεν τροφοδοτούσε φορτίο (κατανάλωση). Το μόνο ρεύμα στο κύκλωμα της προηγούμενης ασκήσεως ήταν εκείνο, που κυκλοφορούσε στο καθαυτό κύκλωμα του διαιρέτη - ποτανσιομέτρου.

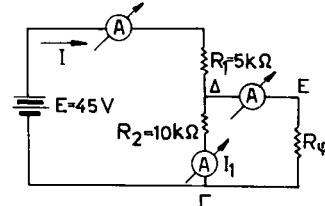
Οι διαιρέτες τάσεως όμως χρησιμοποιούνται πάντοτε για να παρέχουν την απαιτούμενη τάση (μικρότερη από την τάση της πηγής) σε ένα φορτίο, στου οποίου το κύκλωμα κυκλοφορεί το ανάλογο ρεύμα. Το κύκλωμα του σχήματος 18.α αποτελεί βασικό παράδειγμα διαιρέτη τάσεως χωρίς φορτίο.

Έστω ότι σ' αυτό δίνεται πηγή με τάση  $E = 45 \text{ V}$  και αμελητέα εσωτερική αντίσταση, που τροφοδοτεί δύο αντιστάσεις  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$  και  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ , συνδεμένες σε σειρά. Στα άκρα των δύο αυτών αντιστάσεων θα επικρατούν διαφορές δυναμικού 15 και 30 V αντίστοιχα. Η ένταση του ρεύματος θα είναι:

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



Σχ. 18.α.



Σχ. 18.β.

Αν προστεθεί μια αντίσταση ( $R_\phi$ ) ως φορτίο στα σημεία ( $\Delta$ ) και ( $\Gamma$ ), όπως στο σχήμα 18.β, θα δημιουργηθεί ένας δεύτερος κλάδος ( $\Delta E \Gamma$ ), στον οποίο θα κυκλοφορεί ρεύμα ( $I_\phi$ ).

Εξ αιτίας όμως του νέου αυτού κλάδου θα διαταραχθεί η προηγούμενη ισορροπία του κυκλώματος. Το ολικό ρεύμα θα αυξηθεί γιατί η προσθήκη αντιστάσεως εν παραλλήλω μειώνει την ( $R_{\text{ολ}}$ ), και στα άκρα καθεμιάς από τις δύο αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) δεν θα επικρατεί πια η (δια όπως προηγούμενα, διαφορά δυναμικού.

Έστω π.χ. ότι η τιμή της αντιστάσεως ( $R_\phi$ ) είναι τέτοια, ώστε διέρχεται από αυτήν ρεύμα  $I_\phi = 0,005 \text{ A} = 5 \text{ mA}$ . Εφ' όσον οι αντιστάσεις 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 ( $\Delta\Gamma$ ) (η τάση  $E$  της πηγής, παραμένει σταθερή, ίση με  $45 \text{ V}$ , αφού η πηγή θεωρήθηκε ότι έχει αμελητέα 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 τα ( $E$ ), ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $I_\phi$ ), βρίσκεται:

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

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

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

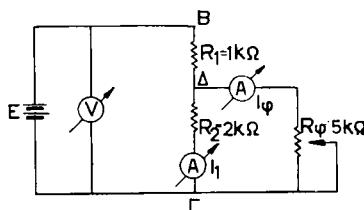
ενώ η τάση στα άκρα της ( $R_1$ ) θα είναι:

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

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

### ΕΡΓΑΣΙΑ

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



Σχ. 18.γ.

της πηγής ( $E$ ), την οποία μετρά το βολτόμετρο ( $V$ ), να παραμένει πάντοτε σταθερή.

2. Να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος ( $I_1$ ) στο κύκλωμα του διαιρέτη τάσεως, όταν το ρεύμα στο φορτίο είναι μηδέν (το φορτίο δεν έχει συνδεθεί). Η ένδειξη της μετρήσεως να 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. Να μετρηθεί η τάση ( $V_{\Delta r}$ ) στα άκρα της αντιστάσεως ( $R_2$ ), όταν δεν έχει συνδεθεί φορτίο στο κύκλωμα ( $I_\phi = 0$ ). Η ένδειξη να γραφεί στη σχετική στήλη του παραπάνω πίνακα.

4. Να συνδεθεί το φορτίο ( $R_\phi$ ), να ρυθμισθεί η ενδιάμεση λήψη του, ώστε το ( $I_\phi$ ) να είναι 2 mA. (Προσοχή στη διαρκή σταθερότητα της τάσεως της πηγής  $E = 12$  V). Να μετρηθεί πάλι η ( $V_{\Delta r}$ ) καθώς και το ρεύμα ( $I_1$ ) και οι τιμές τους να γραφούν στις σχετικές στήλες του ίδιου πίνακα.

5. Να αποσυνδεθεί η πηγή και να μετρηθεί με ωμόμετρο η τιμή της ( $R_\phi$ ), για την οποία κυκλοφόρησε ρεύμα εντάσεως 2 mA. Η ένδειξη του ωμομέτρου να γραφεί στην τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα.

6. Να επαναληφθούν οι μετρήσεις των περιπτώσεων 4 και 5 για εντάσεις ρευμάτων στο φορτίο ( $I_\phi$ ) 4 και 6 mA. Οι ενδείξεις να γραφούν στις σχετικές στήλες του ίδιου πίνακα.

7. Ποια η μεταβολή του ( $I_1$ ), όταν το ρεύμα στο φορτίο ( $R_\phi$ ) αυξάνεται;

8. Ποια η επίδραση στην τάση ( $V_{\Delta r}$ ) και στο ρεύμα ( $I_1$ ) από την αύξηση του ( $I_\phi$ );

9. Να υπολογισθούν τα ( $I_1$ ) και ( $V_{\Delta r}$ ) με δεδομένα:

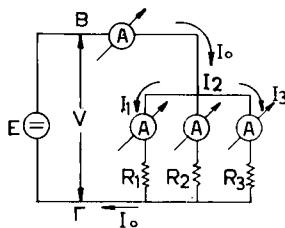
$$E_{\text{πηγής}} = 10 \text{ V} \text{ και } I_\phi = 2 \text{ mA.}$$

## ΑΣΚΗΣΗ 19

### ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Στην άσκηση αυτή εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο εξασφαλίζονται ρεύματα ορισμένων εντάσεων, σε κλάδους ηλεκτρικού κυκλώματος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύνδεση αντιστάσεων, που έχουν κατάλληλες τιμές, παράλληλα μεταξύ τους. (Το ίδιο πρόβλημα εξετάσθηκε μερικώς και στην άσκηση 16, κατά την επαλήθευση του πρώτου κανόνα του Κίρχωφ).

Το κύκλωμα του σχήματος 19.a αποτελεί ένα παράδειγμα διαιρέτη ρεύματος:



Σχ. 19.a.

Σ' αυτό τρεις αντιστάσεις, ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ), συνδέονται παράλληλα με μια πηγή, η οποία παρέχει ρεύμα εντάσεως ( $I_o$ ). Η ισοδύναμη αντίσταση ( $R_o$ ) των τριών αντιστάσεων του κυκλώματος είναι:

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

Αν είναι γνωστή η ένταση του ρεύματος ( $I_o$ ), που παρέχει η πηγή, τότε η τάση ( $V$ ), που επικρατεί μεταξύ των σημείων ( $B$ ) και ( $\Gamma$ ) βρίσκεται από τη σχέση:

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

Με γνωστή τώρα την τάση ( $V$ ), υπολογίζεται εύκολα η ένταση του ρεύματος σε κάθε μια των γνωστών αντιστάσεων  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση ( $R_1$ ) θα είναι:

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

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

Αν η σχέση (1) γραφεί:

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

φαίνεται αμέσως όπως εξ άλλου είναι ήδη γνωστό από το νόμο του Ωμ, ότι **η ένταση του ρεύματος είναι ανάλογη προς το αντίστροφο της αντιστάσεως** ή, όπως διαφορετικά διατυπώνεται **η ένταση του ρεύματος σε ένα κλάδο είναι ανάλογη προς την αγωγιμότητα του κλάδου**. Το ίδιο εκφράζεται και ως εξής: **Η ένταση του ρεύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την αντίσταση, από την οποία διέρχεται**.

Συνήθως όμως παρουσιάζεται η περίπτωση να συνδέονται δύο μόνο αντιστάσεις, με σκοπόν τη διέλευση από τη μια απ' αυτές ρεύματος με ορισμένη ένταση. Εάν λοιπόν στο προηγούμενο κύκλωμα αποσυνδεθεί ο κλάδος της ( $R_3$ ), τότε η ένταση του ρεύματος στην αντίσταση ( $R_1$ ) θα είναι:

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

και μετά την εκτέλεση των πράξεων:

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

Επομένως, στο κύκλωμα με δύο παράλληλες αντιστάσεις, το ρεύμα κατανέμεται των κλάδο με την αντίσταση ( $R_1$ ), όπως ορίζει ο λόγος:

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

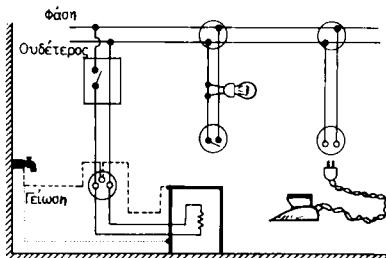
και στον κλάδο με την αντίσταση ( $R_2$ ), όπως ορίζει ο λόγος:

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

Το πρόβλημα κατανομής του ρεύματος σε ένα κύκλωμα με δύο παράλληλες αντιστάσεις συναντάται σχεδόν σε όλες τις ασκήσεις Ηλεκτρολογίας και Ραδιοτεχνίας. Επίσης το ίδιο πρόβλημα, αλλά με περισσότερες από δύο αντιστάσεις που συνδέονται παράλληλα απασχολεί κυρίως τον τεχνικό στον τομέα της Ηλεκτρολογίας. Μερικά τυπικά παραδείγματα κυκλωμάτων που συνδέονται εν παραλλήλω είναι:

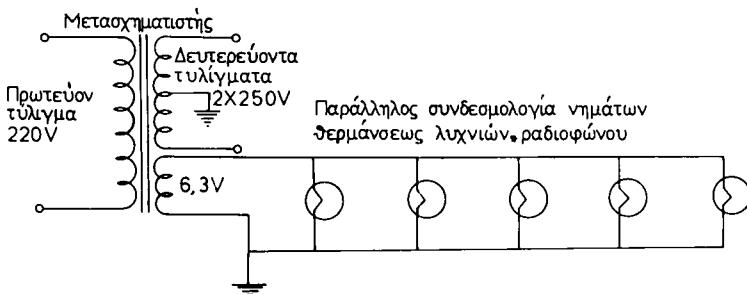
α) Όλα τα κυκλώματα παροχής ρεύματος για φωτισμό, θέρμανση, κίνηση κ.λ.π.

Το σχήμα 19.β παρέχει ένα τυπικό κύκλωμα ηλεκτρικής εγκαταστάσεως σπιτιού με καταναλώσεις: λαμπτήρα φωτισμού, ηλεκτρικό μαγειρείο και ηλεκτρικό σίδηρο: όλα συνδέονται εν παραλλήλω.



Σχ. 19.β.

β) Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, το κύκλωμα θερμάνσεως των νημάτων των λυχνιών ραδιοφώνων και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών είναι επίσης πρόβλημα κατανομής ρεύματος σε παράλληλες καταναλώσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 19.γ.

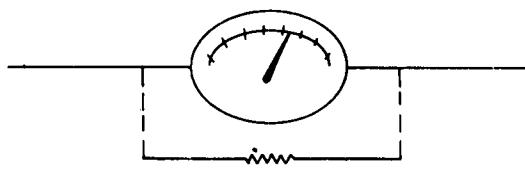


Σχ. 19.γ.

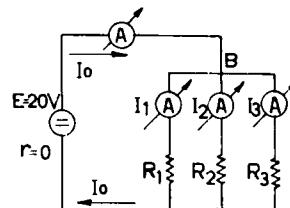
γ) Στα κυκλώματα των αμπερομέτρων, των οργάνων δηλαδή, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για μετρήσεις εντάσεων ρευμάτων σε όλες τις προηγούμενες ασκήσεις. Στο σχήμα 19.δ φαίνεται ο παραλληλισμός βασικού οργάνου.

Η περίπτωση του παραλληλισμού των αμπερομέτρων εξετάζεται λεπτομερώς στην άσκηση 20.

Ακόμη μπορεί να αναφερθεί πλήθος από όμοια παραδείγματα παραλλήλου συνδέσεως καταναλώσεων.



Σχ. 19.δ.



Σχ. 19.ε.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 19.ε.

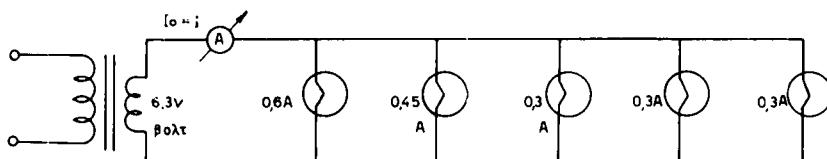
Να μετρηθούν τα ρεύματα ( $I_1$ ), ( $I_2$ ) και ( $I_3$ ) και να συγκριθούν με το ( $I_0$ ) της πηγής. Να επαληθευθεί με τις μετρήσεις τους ο πρώτος κανόνας του Κίρχωφ για τον κόμπο (B).

2. Από τις τιμές των ρευμάτων στους κλάδους και της τάσεως της πηγής (E) να υπολογισθούν οι τιμές των αντιστάσεων ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) και ( $R_3$ ) (σχ. 19.ε).

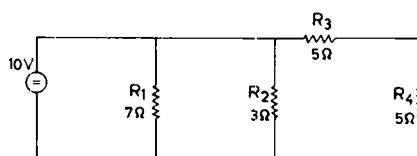
3. Ποια η σχέση μεταξύ των ρευμάτων που μετρήθηκαν και των αντιστάσεων που υπολογίσθηκαν.

4. Να υπολογισθεί η τιμή μιας αντιστάσεως ( $R$ ), η οποία, όταν τεθεί στη θέση της ( $R_3$ ), να διαρρέεται από ρεύμα με ένταση 40 mA. Να συνδεθεί στο κύκλωμα στη θέση της ( $R_3$ ) η αντίσταση που υπολογίσθηκε και να μετρηθεί και επαληθευθεί η ένταση του ρεύματος (σχ. 19.ε).

5. Ποίας εντάσεως ρεύμα θα διαρρέει την αντίσταση ( $R$ ) της προηγούμενης ερωτήσεως, εάν αυτή συνδεθεί παράλληλα προς τις τρεις αντιστάσεις του κυκλώματος και όχι στη θέση της ( $R_3$ );



Σχ. 19.ετ.



Σχ. 19.ζ.

6. Στο επόμενο κύκλωμα (σχ. 19.στ) φαίνονται τα νήματα θερμάνσεως των λυχνιών ενός ραδιοφώνου καθώς και τα στοιχεία λειτουργίας τους. Να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος της πηγής, η οποία τα τροφοδοτεί (ένταση ρεύματος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή).

7. Να υπολογισθή η ένταση του ρεύματος στην αντίσταση ( $R_4$ ) του επόμενου κυκλώματος (σχ. 19.ζ).

---

## ΑΣΚΗΣΗ 20

### ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ

#### Πολλαπλασιασμός κλίμακας

Όλα τα όργανα, που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών, δηλαδή τάσεων, εντάσεων κλπ., έχουν ως κύριο και απαραίτητο εξάρτημα ένα αμπερόμετρο. Δηλαδή, η μέτρηση όλων των ηλεκτρικών μεγεθών ανάγεται σε μέτρηση ρευμάτων.

Το απαραίτητο αυτό αμπερόμετρο λέγεται **βασικό όργανο** του όλου αμπερομέτρου, βολτομέτρου ή ωμομέτρου και χαρακτηρίζεται από τα εξής βασικά στοιχεία:

1) Το μέγιστο ρεύμα (I), που μπορεί να μετρήσει σε πλήρη απόκλιση του δείκτη του. Όσο μικρότερο είναι το ρεύμα που μετρά ένα βασικό όργανο σε πλήρη απόκλιση της βελόνας του, τόσο περισσότερο **ευαίσθητο** είναι το όργανο αυτό.

2) Την εσωτερική του αντίσταση (r).

Τα δύο αυτά στοιχεία, μέγιστο ρεύμα και εσωτερική αντίσταση καθορίζουν την **εσωτερική πτώση τάσεως** (r . I), δηλαδή την τάση, που μπορεί νά εφαρμοσθεί στα άκρα του βασικού οργάνου, ώστε ο δείκτης του να αποκλίνει ως το τέλος της κλίμακάς του, και φυσικά αυτό χωρίς κίνδυνο να καταστραφεί το όργανο. Άρα το ίδιο βασικό όργανο, που είναι κατασκευασμένο για τη μέτρηση ρεύματος, μπορεί να μετρά και τάση, αν και δεν χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, αφού η τάση αυτή είναι πάντοτε πολύ μικρή (μικρό κλάσμα του βολτ). Γενικά το θέμα της μετρήσεως τάσεων εξετάζεται στην επόμενη άσκηση ενώ στη μεθεπόμενη μελετάται η χρήση του ίδιου βασικού οργάνου για τη μέτρηση αντιστάσεων.

Στην άσκηση αυτή εξετάζεται ο τρόπος χρησιμοποιήσεως του βασικού οργάνου για να μετρά ρεύματα με μεγαλύτερη ένταση από την ένταση, για την οποία αρχικά είχε κατασκευασθεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την παράλληλη σύνδεση προς το βασικό όργανο μιας αντιστάσεως με κατάλληλη τιμή, ώστε μέσα από αυτήν να διέρχεται το επί πλέον ρεύμα.

Για να γίνουν καλύτερα αντιληπτά τα προηγούμενα, έστω το κύκλωμα του σχήματος 20.a.

Σ' αυτό υπάρχει ένα βασικό όργανο, που σε πλήρη απόκλιση του δείκτη του μετρά ρεύμα εντάσεως έστω 1 mA. Εάν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί το ίδιο όργανο για τη μέτρηση ρεύματος εντάσεως π.χ. 100 mA, συνδέεται παράλληλα προς αυτό η αντίσταση ( $R_n$ ), που λέγεται και σουντ (Shunt) του οργάνου. Η τιμή της ( $R_n$ ) υπολογίζεται, ώστε να διέρχονται από αυτήν τα 99 mA και μόνο το 1 mA να διέρχεται από το βασικό όργανο. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η τιμή της ( $R_n$ ) πρέπει να είναι γενικά πολύ μικρότερη από την εσωτερική αντίσταση του οργάνου, αφού από αυτήν θα διέρχεται το περισσότερο ρεύμα.

Ο υπολογισμός της παράλληλης αντιστάσεως είναι απλός και γίνεται με τον εξής τρόπο: Έστω ( $I_o$ ) το ρεύμα, που πρέπει να μετρά το όργανο μετά τον παραλληλισμό του ( $I$ ) το ρεύμα, που μετρά το βασικό όργανο μόνο του και ( $I_n$ ) το ρεύμα, που διέρχεται από την παράλληλη αντίσταση ( $R_n$ ). Τότε:

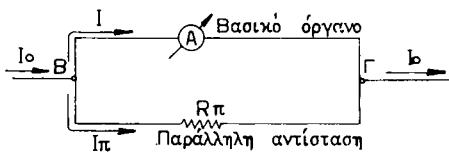
$$I_o = I + I_n.$$

Η τάση στα άκρα του οργάνου θα είναι  $r \cdot I$  και η τάση στα άκρα της ( $R_n$ ) θα είναι  $R_n \cdot I_n$ . Άλλα οι δύο αυτές τάσεις είναι ίσες (σημεία B — Γ του κυκλώματος). Δηλαδή:

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

$$\text{και από αυτήν: } R_n = \frac{r \cdot I}{I_n}$$

Η τελευταία σχέση δίνει την τιμή της ( $R_n$ ), της αντιστάσεως δηλαδή, η οποία πρέπει να συνδεθεί παράλληλα προς την εσωτερική αντίσταση ( $r$ ) του βασικού οργάνου (δηλαδή παράλληλα προς το βασικό όργανο), ώστε στο όλο κύκλωμα να κυκλοφορεί ακίνδυνα ρεύμα ( $I_o$ ) ίσο με  $I + I_n$ .



Σχ. 20.α.

Ως παράδειγμα έστω ότι δίνεται βασικό όργανο με τα εξής στοιχεία:

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

Ζητείται να υπολογισθεί παράλληλη αντίσταση, ώστε αυτό να μετρά μέχρι 1 A. Αντικαθιστώντας στη σχέση:

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

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

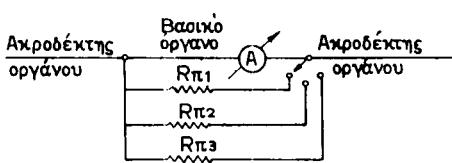
Άρα, αν παράλληλα προς το βασικό όργανο συνδεθεί μια αντίσταση  $1,01 \Omega$  και χρησιμοποιηθεί το όλο αμπερόμετρο προς μέτρηση ρεύματος, στην περίπτωση μέγιστης αποκλίσεως του δείκτη του οργάνου, θα διέρχεται από την αντίσταση ρεύμα  $0,99 \text{ A}$  και από το βασικό όργανο θα διέρχεται ρεύμα μόνο  $0,01 \text{ A}$  ( $10 \text{ mA}$ ), που μπορεί να υποφέρει το βασικό όργανο ακίνδυνα.

Αν τοποθετηθούν παράλληλα προς το βασικό όργανο περισσότερες αντιστάσεις ( $R_n$ ), με διαφορετικές τιμές, εξασφαλίζονται περισσότερες από μια κλίμακες

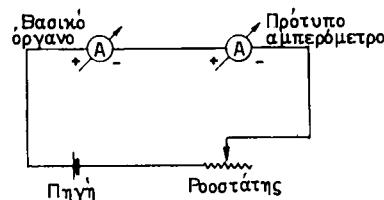
μετρήσεων καὶ έτσι το βασικό όργανο π.χ. του 1 mA μπορεί πια να μετρά σε πλήρη απόκλιση της βελόνας του ρεύματα με ποικίλες εντάσεις, π.χ. 5 mA, 50 mA, 100 mA, 250 mA, ή 1 A κ.ο.κ. ανάλογα με την παράλληλη αντίσταση, που κάθε φορά συνδέομε.

Το κύκλωμα ενός βασικού οργάνου με τρεις αντιστάσεις ( $R_{pi}$ ), συνδεόμενες παράλληλα προς αυτό με διακόπτη, ανάλογα με την επιθυμητή κάθε φορά κλίμακα ρεύματος, φαίνεται στο σχήμα 20.β, όπου το αμπερόμετρο έχει τόσες αντιστάσεις ( $R_{pi}$ ), όσες και οι κλίμακες εντάσεων, που διαθέτει.

Όλα τα προηγούμενα περί παραλληλισμού αμπερομέτρου πραγματοποιούνται εύκολα, εφ' όσον είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά στοιχεία του βασικού οργάνου, δηλαδή η εσωτερική του αντίσταση και το επιτρεπόμενο να διέλθει απ' αυτό μέγιστο ρεύμα. Στα πιο πολλά βασικά όργανα τα δύο αυτά απαραίτητα στοιχεία δίνονται από



Σχ. 20.β.



Σχ. 20.γ.

τον κατασκευαστή και αναγράφονται συνήθως στο κάτω μέρος του πίνακα (του καντράν) του οργάνου. Εάν δεν είναι γνωστά, πρέπει να προσδιορισθούν, ως δε προσδιορισμός τους γίνεται με τις ακόλουθες μεθόδους:

1) Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα που μπορεί να διέρχεται από το βασικό όργανο βρίσκεται εφαρμόζοντας το κύκλωμα του σχήματος 20.γ.

Στο σχήμα αυτό το βασικό όργανο συνδέεται εν σειρά με ένα πρότυπο αμπερόμετρο, όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακρίβειας, και με ένα ροοστάτη σε ηλεκτρική πηγή. Ο ροοστάτης παρεμβάλλεται για τον περιορισμό και τη ρύθμιση του ρεύματος, ώστε να προφυλάσσονται τα όργανα από υπερβολικό ρεύμα.

Με ρύθμιση της αντιστάσεως του ροοστάτη (μεγάλη αντίσταση στην αρχή), επιτυγχάνεται σιγά-σιγά η μέγιστη απόκλιση του δείκτη του βασικού οργάνου. Την ακριβή τιμή εντάσεως του ρεύματος κατά τη στιγμή αυτή την δίνει το πρότυπο αμπερόμετρο. Έτσι προσδιορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για το βασικό όργανο.

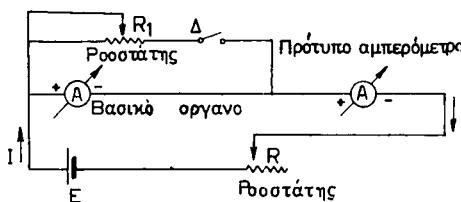
2) Ο προσδιορισμός της τιμής της εσωτερικής αντιστάσεως του βασικού οργάνου μπορεί να γίνει με τους εξής δύο τρόπους:

α) Στο προηγούμενο κύκλωμα, όταν κυκλοφορεί ρεύμα ( $I$ ), μετρείται με βολτόμετρο η πτώση τάσεως ( $V = r \cdot I$ ) στα άκρα του βασικού οργάνου, οπότε από το νόμο του Ωμ υπολογίζεται η εσωτερική αντίστασή του. Δηλαδή:

όπου, το ( $V$ ) μετρείται με το βολτόμετρο και το ( $I$ ) δίνεται, την ίδια στιγμή, από το πρότυπο αμπερόμετρο.

Βασική προϋπόθεση για την ακρίβεια της μετρήσεως της τάσεως ( $V$ ) είναι η χρήση βολτομέτρου με όσο το δυνατό μεγαλύτερη εσωτερική αντίσταση. (Η λεπτομέρεια αυτή εξηγείται στην επομένη αόκηση περί βολτομέτρων).

β) Με τη βοήθεια του κυκλώματος του σχήματος 20.δ και με το διακόπτη ( $\Delta$ ) ανοικτό ρυθμίζεται ο ροοστάτης ( $R$ ), ώστε η βελόνα του βασικού οργάνου να λάβει τη μέγιστη της απόκλιση. Την (δια ένταση του ρεύματος ( $I$ ) δείχνει τότε το πρότυπο αμπερόμετρο. Ακολούθως κλείνεται ο διακόπτης ( $\Delta$ ), οπότε το βασικό όργανο παραλληλίζεται με τη βοήθεια του ροοστάτη ( $R_1$ ). Οι ενδείξεις των δύο οργάνων θα μεταβληθούν, γιατί η συνολική αντίσταση βασικού οργάνου και ροοστάτη ( $R_1$ ) γίνεται μικρότερη από την αντίσταση του βασικού οργάνου, οπότε η ένταση του ρεύματος του κυκλώματος θα αυξηθεί, πράγμα που θα δείξει το πρότυπο αμπερόμετρο. Επίσης η ένδειξη του βασικού οργάνου θα μεταβληθεί.



Σχ. 20.δ.

Ρυθμίζονται τότε αλληλοιδιαδόχως οι δύο ροοστάτες ως εξής: Ο ( $R$ ) ρυθμίζεται έτσι, ώστε το πρότυπο αμπερόμετρο να δείχνει πάντοτε την αρχική ένταση ρεύματος ( $I$ ), ενώ ο ( $R_1$ ) ρυθμίζεται έτσι, ώστε η βελόνα του βασικού οργάνου να αποκλίνει στο μέσο της κλίμακάς του.

Όταν το βασικό όργανο δείξει το μισό της εντάσεως του ρεύματος ( $I$ ), που έδειχνε προηγουμένως, σημαίνει ότι το άλλο μισό διέρχεται από τον παράλληλο κλάδο του ροοστάτη ( $R_1$ ). Εφ' όσον δε τα ρεύματα είναι ίσα, οι αντιστάσεις ( $R_1$ ) του ροοστάτη και ( $r$ ) του οργάνου θα είναι επίσης ίσες. Αποσυνδέεται τότε η πηγή και με ένα ωμόμετρο μετράται η τιμή της ( $R_1$ ), που είναι ίση προς την άγνωστη εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου.

**Προσοχή.** Η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου δεν είναι ορθό να μετράται απ' ευθείας με ωμόμετρο. Μια προσπάθεια του είδους αυτού μπορεί να καταστρέψει το βασικό όργανο, γιατί το ωμόμετρο διαθέτει πηγή (ξηρά στοιχεία), που θα προκαλέσει την κυκλοφορία υπερβολικού ρεύματος στη μικρή εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου.

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κατάλληλο κύκλωμα και να βρεθεί το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα ( $I$ ) για το βασικό όργανο της ασκήσεως.
2. Να βρεθεί η εσωτερική αντίσταση ( $r$ ) του βασικού οργάνου της ασκήσεως εφαρμόζοντας και τις δύο μεθόδους, που αναφέρονται στη θεωρία. Να συγκριθούν τα προκύπτοντα αποτελέσματα.

3. Με γνωστά τα (l) και (r) του οργάνου να υπολογισθούν οι κατάλληλες αντιστάσεις, που αν συνδεθούν παράλληλα προς το βασικό όργανο το καθιστούν ικανό να μετρά εντάσεις ρευμάτων μέχρι 100 mA ή 250 mA ή 2 A. (Το βασικό όργανο έχει  $I < 100$  mA).

4. Με υλικά, που παρέχει το Εργαστήριο για την άσκηση αυτή, να κατασκευασθούν οι αντιστάσεις που υπολογίσθηκαν στην προηγουμένη περίπτωση. Να διαπιστωθεί η δυσκολία κατασκευής της (πολύ μικρής) αντιστάσεως για την κλίμακα εντάσεως των 2 A.

5. Να συνδεθούν οι αντιστάσεις αυτές και να χρησιμοποιηθεί το όργανο για τη μέτρηση ρευμάτων στις νέες κλίμακές του. Να γίνει σύγκριση των ενδείξεων με πρότυπο αμπερόμετρο.

6. Με ποιον τρόπο συνδέεται το αμπερόμετρο σε ένα κύκλωμα; Εν σειρά ή εν παραλλήλω;

7. Η εσωτερική αντίσταση ενός αμπερομέτρου πρέπει να είναι μεγάλη ή μικρή; Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

8. Τι θα συμβεί αν έχει καταστραφεί η αντίσταση παραλληλισμού ενός αμπερομέτρου και συνδεθεί αυτό σε κύκλωμα για τη μέτρηση της εντάσεως ρεύματος μεγαλυτέρου του (l);

9. Πότε η παράλληλα προς το βασικό όργανο συνδεόμενη αντίσταση είναι: α) Μικρότερη, β) ίση και γ) μεγαλύτερη από την εσωτερική αντίσταση του οργάνου;

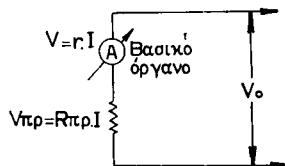
## ΑΣΚΗΣΗ 21

### ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

#### Πολλαπλασιασμός κλίμακας.

Η καλή γνώση της θεωρίας για τα βασικά όργανα, που αναφέρθηκε στην προηγούμενη άσκηση (Αμπερόμετρα - Πολλαπλασιαμός κλίμακας), είναι απαραίτητη για την εκτέλεση της τωρινής ασκήσεως. Εξηγήθηκε εκεί ότι ένα βασικό όργανο (αμπερόμετρο) μπορεί να μετρήσει και μια πολύ μικρή τάση. Το μέγεθος της τάσεως αυτής περιορίζεται βέβαια από την πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου.

Για μέτρηση μεγαλυτέρων τάσεων χρησιμοποιείται περιοριστικά κατάλληλη προστατευτική αντίσταση εν σειρά με το βασικό όργανο έτσι, ώστε η ένταση του ρεύματος, που θα κυκλοφορεί στο βολτόμετρο, που κατασκευάζεται με τον τρόπο αυτό, να είναι μέσα στα όρια της μέγιστης επιτρεπόμενης για το βασικό όργανο εντάσεως. Στο κύκλωμα του σχήματος 21.α εξηγούνται σαφέστερα τα παραπάνω.



Σχ. 21.α.

Στο κύκλωμα αυτό:

( $V_o$ ) είναι η προς μέτρηση τάση, ( $V$ ) είναι η εσωτερική πτώση τάσεως στο βασικό όργανο, ( $V_{\pi\rho}$ ) είναι η πτώση τάσεως στην προστατευτική αντίσταση ( $R_{\pi\rho}$ ).

Η προστατευτική αντίσταση σ' ένα βολτόμετρο αποτελεί απαραίτητο και βασικό εξάρτημα αυτού και είναι τοποθετημένη μέσα στο περίβλημα στο οποίο βρίσκεται το όλο συγκρότημα του οργάνου, είτε αυτό είναι μόνο βολτόμετρο είτε πολύμετρο, δηλαδή αμπερόμετρο, βολτόμετρο, και ωμόμετρο μαζί. Κάθε βολτόμετρο έχει τόσες προστατευτικές αντιστάσεις εν σειρά, όσες είναι οι κλίμακες τάσεως, που διαθέτει.

Η τιμή μιας προστατευτικής αντιστάσεως ( $R_{\pi\rho}$ ) υπολογίζεται εύκολα, όταν είναι γνωστά: α) Η τάση ( $V_{\mu}$ ) της επιθυμητής κλίμακας του οργάνου ως βολτομέτρου και β) τα χαρακτηριστικά του βασικού οργάνου, δηλαδή το μέγιστο επιτρεπόμενο γι' αυτό ρεύμα ( $I$ ) και η εσωτερική του αντίσταση ( $r$ ).

Με τα στοιχεία αυτά ως δεδομένα, ισχύει η σχέση:

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

όπου (I) είναι το ρεύμα για το βασικό όργανο. ( $V_\mu$ ) είναι η μέγιστη τάση της κλίμακας (η τάση που αντιστοιχεί σε πλήρη απόκλιση του δείκτη, ( $R_{np}$ ) είναι η ζητούμενη προστατευτική αντίσταση, ( $r$ ) είναι η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου.

Η ( $r$ ) του βασικού οργάνου μπορεί να παραλλιφθεί κατά τους υπολογισμούς, γιατί είναι πολύ μικρή σε σύγκριση προς την ( $R_{np}$ ), που είναι πολύ μεγάλη, και τόσο μεγαλύτερη, όσο το μέγιστο της ζητούμενης κλίμακας είναι μεγαλύτερο. Επομένως η ( $R_{np}$ ) βρίσκεται πρακτικά από τη σχέση:

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

Βασικό χαρακτηριστικό του βολτομέτρου είναι η **ευαισθησία**. Όσον μικρότερο είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα του βασικού οργάνου, τόσο μεγαλύτερη ευαισθησία θα έχει το όργανο αυτό, όταν μετατραπεί στο βολτόμετρο, και τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αντίσταση ( $R_{np}$ ).

Η ευαισθησία εκφράζεται σε ωμ ανά βολτ ( $\Omega/V$ ) και φανερώνει την αντίσταση, που αντιστοιχεί σε κάθε βολτ της κλίμακας. Αν π.χ. ένα βολτόμετρο έχει ευαισθησία 1000  $\Omega/V$ , αυτό σημαίνει ότι σε κάθε βολτ της κλίμακάς του αντιστοιχούν 1000  $\Omega$ . Π.χ.. αν το βολτόμετρο είναι στην κλίμακα των 50 V, τότε μπορεί να υπολογισθεί η αντίσταση ( $R_{np}$ ) με την εξής σκέψη:

Αφού σε 1 V αντιστοιχούν 1000  $\Omega$ , σε 50 V θα αντιστοιχούν  $50 \times 1000 = 50000 \Omega$ .

Δηλαδή  $R_{np} = 50000 \Omega$  (η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου δεν λαμβάνεται υπόψη, ως πολύ μικρή).

Έστω π.χ. ότι ένα βολτόμετρο στην κλίμακα των 100 V διαθέτει εσωτερική αντίσταση 100  $\text{K}\Omega$ . Διαιρώντας τα 100  $\text{K}\Omega$  με τα 100 V βρίσκεται ότι η ευαισθησία του βολτομέτρου είναι (ση με 1000 ωμ ανά βολτ)  $(1000 \Omega/V)$ .

Το βολτόμετρο, που έχει μεγαλύτερη ευαισθησία, είναι καλύτερο, γιατί συνδεόμενο παράλληλα με μια κατανάλωση, για να μετρήσει την τάση στα άκρα της, δεν μεταβάλλει αισθητά τα στοιχεία της και επομένως τις συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος. Ιδιαίτερα στα ηλεκτρονικά κυκλώματα, τα βολτόμετρα με μεγαλύτερη ευαισθησία είναι καταλληλότερα για τον έλεγχο της διαφοράς δυναμικού που επικρατεί μεταξύ δύο σημείων.

Τα κυκλώματα των σχημάτων 21.β και 21.γ βοηθούν στην εξήγηση των προηγουμένων.

Π.χ. στο σχήμα 21.β δύο αντιστάσεις, 2 M $\Omega$  η καθεμιά, συνδέονται εν σειρά. Εάν ένα βολτόμετρο ευαισθησίας 1000  $\Omega/V$ , στην κλίμακα των 100 V (και επομένως με  $R_{np} = 100000 \Omega$ ), συνδεθεί παράλληλα προς την αντίσταση ( $R$ ), η ισοδύναμη αντίσταση μεταξύ των σχέσεων (A - B) είναι:

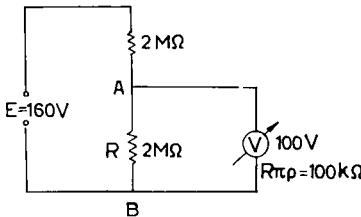
$$R_{AB} = \frac{R \cdot R_{np}}{R + R_{np}} = \frac{2.000.000 \times 100.000}{2.100.000} \approx 95.000 \Omega$$

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

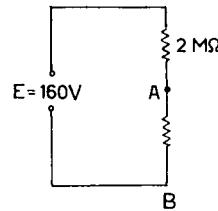
$$V_{AB} = \frac{95.000 \times 160}{2.095.000} \approx 7 \text{ V}$$

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

Για να πλησίαζε η ένδειξη του βολτόμετρου στην πραγματική τιμή των 80 V, θα έπρεπε το βολτόμετρο να είχε έσωτερική αντίσταση πολύ μεγαλύτερη των 2 MΩ, γιατί η γνωστή αντίσταση του βολτόμετρου 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 ασκήσεως (αμπερομέτρου).
- Όμοια να βρεθεί η εσωτερική αντίσταση του βασικου οργάνου της ασκήσεως.
- Μπορεί το βασικό όργανο της ασκήσεως να χρησιμοποιηθεί όπως είναι (χωρίς καμιά μετατροπή για τη μέτρηση τάσεως; Εάν η απάντηση είναι καταφατική, ποια τάση μπορεί αυτό να μετρήσει κατά τη μεγίστη απόκλιση του δείκτη του;
- Να υπολογισθούν οι κατάλληλες αντιστάσεις, ώστε το βασικό όργανο συνδεόμενον 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 τοπισθετηθουν στο όργανο (σύνδεση εν σειρά) και να πραγματοποιηθούν μετρήσεις τάσεων.
- Να επαληθευθούν οι μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως χρησιμοποιώντας πρότυπο βολτόμετρο.
- Τα βολτόμετρα συνδέονται παράλληλα σε ένα κύκλωμα προκειμένου να

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

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

9. Ποια η ευαισθησία του βολτομέτρου της ασκήσεως στις κλίμακες των 50, των 100 και των 300 V;

10. Να σχεδιασθεί το βασικό όργανο ως «πλήρες» βολτόμετρο, με τις αντιστάσεις, που έχουν υπολογισθεί αν τοποθετηθούν (εκ περιτροπής) εν σειρά με διακόπτη. (Βλέπε ανάλογο κύκλωμα αμπερομέτρου της προηγούμενης ασκήσεως).

---

## ΑΣΚΗΣΗ 22

### ΩΜΟΜΕΤΡΑ

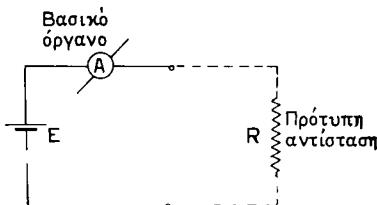
#### Υπολογισμός κλίμακας.

Στις δύο προηγούμενες ασκήσεις (Αμπερόμετρα και Βολτόμετρα) εξετάσθηκε η χρησιμοποίηση βασικού οργάνου για τη μέτρηση ρευμάτων και τάσεων μεγαλύτερων από όσο επέτρεπε η αρχική κατασκευή του οργάνου.

Στην ασκηση αυτή εξετάζεται ο τρόπος χρησιμοποιήσεως του ίδιου βασικού οργάνου για τη μέτρηση αντιστάσεων, δηλαδή η κατάλληλη προσαρμογή του εξωτερικού του κυκλώματος, ώστε αυτό να μετατραπεί σε ωμόμετρο.

Η θεωρία περί των χαρακτηριστικών ενός βασικού οργάνου εκτίθεται στις δύο προηγούμενες ασκήσεις και πρέπει να έχει ήδη μελετηθεί, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση της εργασίας της τωρινής ασκήσεως.

Η χρησιμοποίηση βασικού οργάνου (αμπερομέτρου) για τη μέτρηση αντιστάσεων φαίνεται στο σχήμα 22.a.



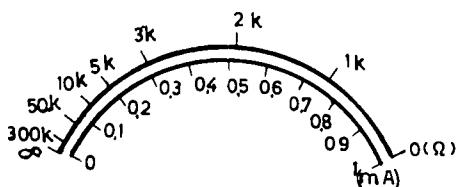
Σχ. 22.a.

Στο κύκλωμα αυτό, μια πηγή ( $E$ ) παρέχει τάση, που προκαλεί την κυκλοφορία ρεύματος από το βασικό όργανο και την πρότυπη αντίσταση ( $R$ ). Το βασικό όργανο βαθμολογείται ως ωμόμετρο με τον ακόλουθο τρόπο:

Η ένταση του ρεύματος ορίζεται από την αντίσταση ( $R$ ) και την εσωτερική αντίσταση ( $r$ ) του βασικού οργάνου, οι οποίες είναι εν σειρά. Το βασικό αυτό όργανο δείχνει την ένταση του ρεύματος αυτού. Εάν η τιμή της αντίστασεως ( $R$ ) είναι γνωστή, στο σημείο που δείχνει τότε η βελόνα του οργάνου και σε ιδιαίτερη κλίμακα, συνήθως επάνω από την κλίμακα των εντάσεων, σημειώνεται η τιμή της αντίστασεως αυτής. Εάν ακολούθως αντικατασταθεί η ( $R$ ) με μια άλλη π.χ. μικρότερης τιμής από την προηγουμένη, τότε θα κυκλοφορήσει ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως και ο δείκτης του οργάνου θα αποκλίνει περισσότερο (θα αποκλίνει δεξιότερα).

Κατ' αναλογία, εάν συνδεθεί μια αντίσταση μεγαλύτερης τιμής, θα κυκλοφορήσει ρεύμα μικρότερης εντάσεως και ο δείκτης θα αποκλίνει λιγότερο (θα αποκλίνει αριστερότερα). 'Ετσι και εφ' όσον υπάρχουν πολλές πρότυπες αντιστάσεις καταλλήλων τιμών ( $R$ ), βαθμολογείται το βασικό όργανο ως ωμόμετρο και χαράσσεται νέα κλίμακα, επάνω από την κλίμακα των ρευμάτων, η οποία θα μετρά αντιστάσεις.

Η κλίμακα αυτή των αντιστάσεων είναι αντίθετη προς την κλίμακα των ρευμάτων. Δηλαδή στη μηδενική ένδειξη ρεύματος αντιστοιχεί άπειρη ένδειξη αντιστάσεως, όπως φαίνεται στο σχήμα 22.β.



Σχ. 22.β.

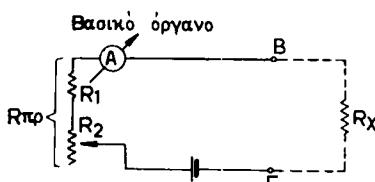
Αυτό συμβαίνει σε όλα τα συνηθισμένα ωμόμετρα και είναι επαλήθευση του νόμου του Ωμ, ότι η ένταση του ρεύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την αντίσταση:

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

Η πλήρης μορφή του κυκλώματος ενός ωμομέτρου είναι αυτή που δείχνει το σχήμα 22.γ.

Στο κύκλωμα αυτό:

(Ε) είναι η τάση της πηγής (πάντοτε ξηρά στοιχεία), ( $R_x$ ) είναι ή προς μέτρηση αντίσταση, ( $R_1$ ) είναι προστατευτική αντίσταση σταθερής τιμής, ( $R_2$ ) είναι επίσης προστατευτική αντίσταση ρυθμιζόμενης τιμής (ροοστάτης).



Σχ. 22.γ.

Οι αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) προστατεύουν το βασικό όργανο (αμπερόμετρο), γιατί χωρίς αυτές, σε περίπτωση βραχυκυκλώσεως των άκρων (Β-Γ), θα κυκλοφορούσε ρεύμα πολύ μεγάλης εντάσεως. Η ( $R_1$ ) είναι σταθερής τιμής και εκλέγεται με βάση τα χαρακτηριστικά του βασικού οργάνου και της τάσεως της πηγής. Η ( $R_2$ ) έχει ρυθμιστικό ρόλο, επαυξάνει την τιμή της ( $R_1$ ) και πρέπει να είναι μεταβλητή, για

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

Η βαθμολογία του ωμομέτρου, εκτός από τον πρακτικό τρόπο, που αναφέραμε, μπορεί να γίνει και με θεωρητικούς υπολογισμούς ως εξής:

Όταν δίνονται η τάση της πηγής ( $E$ ) και η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου ( $r$ ), χρησιμοποιώντας τη σχέση:

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

η οποία μετατρέπεται σε:

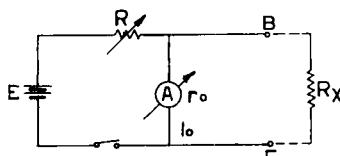
$$R_x = \frac{E - r \cdot I}{I}$$

βρίσκεται και σημειώνεται κάθε φορά η ( $R_x$ ), που αντιστοιχεί στις διάφορες ενδείξεις εντάσεων ( $I$ ) της κλίμακας των ρευμάτων.

Το ωμόμετρο, που περιγράφεται παραπάνω είναι το πιο απλό και λέγεται **ωμόμετρο σειράς**, επειδή όλα του τα στοιχεία συνδέονται εν σειρά, χρησιμοποιείται δε ως εξής:

Πρώτα βραχυκυκλώνονται οι ακροδέκτες ( $B - \Gamma$ ) και ρυθμίζεται η ( $R_2$ ), ώστε η βελόνα του οργάνου να αποκλίνει στο μέγιστο. Ακολούθως μεταξύ των ακροδεκτών ( $B$ ) και ( $\Gamma$ ) συνδέεται και μετρείται η άγνωστη αντίσταση.

Κύκλωμα ωμομέτρου εν σειρά συναντάται σε όλα τα κοινά πολύμετρα των ηλεκτρολογικών και ραδιοτεχνικών Εργαστηρίων. Τα χαρακτηριστικά του είναι ότι η **κλίμακα των ωμ δεν είναι γραμμική** (δηλαδή για αντιστάσεις διπλάσιας, τριπλάσιας κ.λπ. ωμικής τιμής δεν δίνει διπλάσια ή τριπλάσια κ.λπ. απόκλιση του δείκτου του) και είναι αντίθετης φοράς από την κλίμακα των ρευμάτων. Επίσης το ωμόμετρο σειράς δεν είναι όργανο μεγάλης ακρίβειας, εξυπρετεί όμως πολύ στον έλεγχο κυκλωμάτων.



Σχ. 22.δ.

Άλλος τύπος ωμομέτρου είναι το **ωμόμετρο παράλληλης συνδέσεως**, που συναντάται σε όργανα καλύτερης κατασκευής και μεγαλύτερης ακρίβειας. Το ωμόμετρο του τύπου αυτού χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μικρών κυρίων αντιστάσεων. Το σχήμα 22.δ παριστάνει ένα ωμόμετρο παράλληλου τύπου.

Η προς μέτρηση αντίσταση ( $R_x$ ) συνδέεται παράλληλα προς το βασικό όργανο. Σχηματίζεται έτσι ένας παράλληλος κλάδος του κύριου κυκλώματος, οπότε από την τιμή που έχει κάθε φορά η ( $R_x$ ) καθορίζεται η ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το βασικό όργανο.

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

- Χωρίς την ( $R_x$ ), η μέγιστη ένταση του ρεύματος ( $I_m$ ) στο κύκλωμα είναι:

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

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

β) Όταν συνδεθεί η προς μέτρηση αντίσταση ( $R_x$ ) στο κύκλωμα, το ρεύμα ( $I_o$ ) στο όργανο είναι

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

ή αφού εκτελεσθούν οι πράξεις:

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

Από την τελευταία, αυτή σχέση φαίνεται ότι, όσο η αντίσταση ( $R_x$ ) είναι μικρότερη, τόσο μικρότερη είναι η ένταση του ρεύματος ( $I_o$ ) μικρότερη απόκλιση της βελόνας του οργάνου, όσο δε η ( $R_x$ ) είναι μεγαλύτερη, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ένταση ( $I_o$ ) (μεγαλύτερη απόκλιση της βελόνας).

Συνάγεται λοιπόν το συμπέρασμα ότι η κλίμακα του ωμομέτρου παράλληλου τύπου, σε αντίθεση προς το ωμόμετρο εν σειρά, είναι της (διας φοράς με τις κλίμακες ρευμάτων και τάσεων των αντιστοίχων οργάνων, είναι δε σχεδόν γραμμική στο πρώτο μισό της, ενώ πικνώνεται σταδιακά στο δεύτερο μισό:

Το ωμόμετρο παράλληλου τύπου χρησιμοποιείται ως εξής:

Πρώτα με τους ακροδέκτες (Β-Γ) ελεύθερους, ρυθμίζεται η ( $R$ ), ώστε η βελόνα του οργάνου να αποκλίνει στο μέγιστο. Ακολούθως στους ακροδέκτες (Β-Γ) συνδέομε και μετρούμε την άγνωστη αντίσταση.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

- Να βρεθεί το μέγιστο ρεύμα ( $I$ ) του βασικού οργάνου και η εσωτερική αντίσταση του ( $r$ ) με τον τρόπο, που υποδεικνύεται στην άσκηση του αμπερομέτρου.
- Αφού είναι γνωστά τα ( $I$ ) και ( $r$ ) του οργάνου καθώς και η τάση της πηγής ( $E$ ), να υπολογισθεί η τιμή της απαιτούμενης ελάχιστης προστατευτικής αντιστάσεως, προκειμένου το βασικό όργανο να χρησιμοποιηθεί ως ωμόμετρο σειράς.
- Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογιστών να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του ωμομέτρου και χρησιμοποιώντας το να γίνει επαλήθευση της

κλίμακας που υπολογίσθηκε με μετρήσεις διαφόρων γνωστών αντιστάσεων. Πριν από κάθε μέτρηση πρέπει να γίνεται ρύθμιση του μεταβλητού τμήματος της ( $R_{\text{πρ}}$ ) με βραχυκυκλωμένους τους ακροδέκτες του οργάνου.

4. Να υπολογισθεί η ( $R_x$ ), για την οποία ο δείκτης του οργάνου αποκλίνει στο μισό της κλίμακας.

5. Να σχεδιασθεί σύνθετο κύκλωμα ενός βασικού οργάνου που χρησιμοποιείται: α) Ως αμπερόμετρο με δύο παράλληλες αντιστάσεις, για δύο κλίμακες εντάσεων, β) ως βολτόμετρο με δύο αντιστάσεις σειράς για δύο κλίμακες τάσεων, και γ) ως απλό ωμόμετρο σειράς.

6. Ποιος τύπος ωμομέτρου είναι προτιμότερος για τη μέτρηση μιας αντιστάσεως  $1,5 \Omega$ ;

---

## ΑΣΚΗΣΗ 23

### ΠΟΛΥΜΕΤΡΑ

Το **πολύμετρο** είναι ένα σύνθετο όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση **τάσεων** (συνεχούς και εναλλασσόμενης μορφής), μικρών **εντάσεων** συνεχών ρευμάτων και ωμικών **αντιστάσεων**. Σε πολύμετρα με περισσότερες απαιτήσεις υπάρχουν και κλίμακες για συνεχή και εναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλων εντάσεων.

Γενικά το πολύμετρο είναι συνδυασμός ενός βασικού οργάνου και διαφόρων ειδικών κυκλωμάτων, όπως αυτά τα οποία εξετάσθηκαν στις τρεις προηγούμενες ασκήσεις (Αμπερόμετρα, Βολτόμετρα, Ωμόμετρα). Εφ' όσον κάθε πολύμετρο μπορεί να χρησιμοποιείται κατά βούληση ως αμπερόμετρο, βολτόμετρο ή ωμόμετρο, υπάρχει το ζήτημα της μετατροπής του κυκλώματος του οργάνου σε ένα από τα τρία αυτά είδη, ανάλογα με τις απαιτήσεις της μετρήσεως, που κάθε φορά επιθυμούμε.

Η εκλογή και χρήση του κατάλληλου κυκλώματος ενός πολυμέτρου για την επιθυμητή μέτρηση γίνεται με τις διάφορες υποδοχές, που διαθέτει το όργανο ως ακροδέκτες του, είτε με πολλαπλό διακόπτη.

Τα πολύμετρα έχουν ποικίλες μορφές. Κάθε τύπος πολυμέτρου απαιτεί και για τον έμπειρο ακόμα Τεχνικό προσεκτική μελέτη στην αρχή, η οποία θα διευκολύνει την ορθή χρήση του. Βιαστική και χωρίς την πρέπουσα προσοχή χρήση μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη εκλογή κλίμακας ή λανθασμένη συνδεσμολογία και πιθανή καταστροφή του βασικού οργάνου.

Παρακάτω δίνονται μερικές οδηγίες για την ορθή χρήση ενός πολυμέτρου.

1. Ορθή τοποθέτηση του διακόπτη. Πρέπει: α) να τοποθετηθεί ο διακόπτης στην περιοχή τάσεων, ρευμάτων ή αντιστάσεων, ανάλογα με το τι πρόκειται κάθε φορά να μετρηθεί.

β) Αν πρόκειται για μέτρηση τάσεως, πρέπει να προσέξουμε εάν είναι εναλλασσόμενη ή συνεχής. Πρέπει επίσης να προσέξουμε και όταν πρόκειται για μέτρηση ρεύματος, εφ' όσον το πολύμετρο μετρά εκτός από συνεχή και εναλλασσόμενα ρεύματα.

γ) Πρέπει να γίνει ορθή εκλογή της κλίμακας τάσεως, εντάσεως ή αντιστάσεως, ανάλογα με το μέγεθος του προς μέτρηση ποσού. Η εκλογή αυτή πρέπει να γίνει προσεκτικότερα, όταν πρόκειται για μέτρηση τάσεων ή εντάσεων, οπότε εκλογή μικρότερη κλίμακας σημαίνει κίνδυνο για το βασικό όργανο.

2. Σε περίπτωση κατά την οποία δεν είναι περίπου γνωστό το μέγεθος του προς μέτρηση ποσού, ο διακόπτης, του πολυμέτρου τοποθετείται στη μεγαλύτερη σχετική κλίμακα. Εάν η ένδειξη της μετρήσεως στην κλίμακα αυτή είναι πολύ μικρή και ασαφής, τότε μεταφέρεται ο διακόπτης σε μικρότερη κλίμακα.

3. Η τοποθέτηση των ακροδεκτών του οργάνου στα σημεία, όπου πρόκειται να γίνει η μέτρηση, πρέπει να γίνεται με προσοχή και με την ορθή πολικότητα, εάν μετρείται συνεχές μέγεθος.

4. Ποτέ δεν επιχειρείται μέτρηση αντιστάσεως σε ένα κύκλωμα, που είναι υπό τάση.

5. Προκειμένου να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος, διακόπτεται σε ένα σημείο το κύκλωμα και παρεμβάλλεται το όργανο σε σειρά.

6. 'Υστερα από κάθε χρήση, πρέπει ο διακόπτης να τοποθετείται δτη μεγαλύτερη κλίμακα εναλλασσόμενης τάσεως. Με το διακόπτη στη θέση αυτή το πολύμετρο διατρέχει το μικρότερο δυνατό κίνδυνο σε περίπτωση βιαστικής και όχι ορθής συνδέσεως του σε ένα κύκλωμα.

#### **Προσοχή.** Με την ευκαιρία της μελέτης του πολυμέτρου, υπενθυμίζεται ότι:

Η μη ορθή χρήση του πολυμέτρου ή και απλού βολτομέτρου, αμπερομέτρου ή ωμομέτρου, για τη μέτρηση τάσεων, εντάσεων ή αντιστάσεων, εκτός από τον κίνδυνο βλάβης του οργάνου, είναι επικίνδυνη και για τον μαθητή, που χειρίζεται το όργανο. Επομένως:

7. Τα δάκτυλα ουδέποτε πρέπει να αγγίζουν το μεταλλικό μέρος των ακροδεκτών.

8. Πρέπει να αποφεύγεται η ταυτόχρονη τοποθέτηση και των δύο ακροδεκτών στα προς μέτρηση σημεία με τα δύο χέρια. Καλό είναι να τοποθετείται και να στερεώνεται πρώτα ο ένας ακροδέκτης και έπειτα να τοποθετείται και ο άλλος για την επιθυμητή μέτρηση.

9. Προκειμένου να διακοπεί ένα κύκλωμα, για να παρεμβληθεί αμπερόμετρο προς μέτρηση ρεύματος, πρέπει να διακόπτεται προηγούμενα η παροχή ρεύματος με το διακόπτη του κυκλώματος, ή, αν δεν υπάρχει διακόπτης, να «βγαίνει» ο ρευματοδήλητης από το ρευματοδότη.

10. Κατά τη διεξαγωγή των ασκήσεων, να ζητείται πάντοτε ο προηγούμενος έλεγχος και έγκριση των συνδεσμολογιών από τον Καθηγητή του Εργαστηρίου και τότε μόνο να εφαρμόζεται τάση στο υπό εξέταση κύκλωμα.

- Το πολύμετρο, όπως αναφέρθηκε ήδη, είναι ένας συνδυασμός αμπερομέτρου - βολτομέτρου - ωμομέτρου. Και τα τρία αυτά όργανα μελετήθηκαν στις τρεις προηγούμενες ασκήσεις και πρέπει να είναι γνωστά. Φυσικά, η διάταξη των επί μέρους κυκλωμάτων σε κάθε πολύμετρο αλλάζει, αλλά η γενική αρχή λειτουργίας είναι η ίδια για όλα τα πολύμετρα.

Η μόνη περίπτωση, που δεν εξετάσθηκε, είναι η μέτρηση εναλλασσομένων μεγεθών. Και για τα εναλλασσόμενα όμως μεγέθη (τάση και ένταση) χρησιμοποιείται το ίδιο βασικό όργανο του πολυμέτρου και ισχύουν όλα, όσα αναφέρθηκαν στις ασκήσεις περί αμπερομέτρου και βολτομέτρου. Η μόνη τροποποίηση συνίσταται, στην παρεμβολή ενός **ανορθωτή** (ή συστήματος ανορθωτών), με τον οποίο επιτυγχάνεται μετατροπή του εναλλασσομένου μεγέθους σε συνεχές. Η κλίμακα του οργάνου δείχνει τότε την ενδεικνύμενη τιμή του εναλλασσομένου μεγέθους και θέμα πολικότητας στην περίπτωση αυτή δεν υφίσταται.

Συχνά σε ηλεκτρονικές συσκευές, απαιτείται μέτρηση μιας εναλλασσόμενης τάσεως σε ένα κύκλωμα, στο οποίο όμως συνυπάρχουν εναλλασσόμενη και συνεχής τάση. Εάν το όργανο δεν διαθέτει ειδική υποδοχή για μέτρηση αυτού του είδους,

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

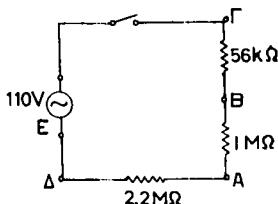
Εάν ο πυκνωτής βρίσκεται μέσα σε κιβώτιο, που περιέχει όλα τα εξαρτήματα του πολυμέτρου (οπότε δεν χρειάζεται να παρεμβληθεί εξωτερικά), τότε υπάρχει συνήθως μια υποδοχή στο όργανο με την ένδειξη Output.

Τα περί ευαισθησίας του οργάνου ισχύουν και εδώ, όπως αναφέρθηκαν στην ασκηση περί βολτομέτρου.

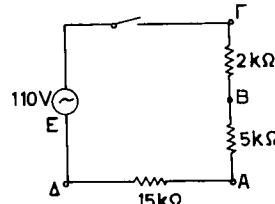
### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Με μεγάλη προσοχή να ανοιχθεί το πολύμετρο της ασκήσεως και να γίνει αναγνώριση των κυκλωμάτων του. Εάν το Εργαστήριο 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, ωμομέτρου και του συστήματος ανορθώσεως.

2. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 23.α.



Σχ. 23.α.



Σχ. 23.β.

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

Σημεία μετρήσεως	Ένδειξη βολτομέτρου (V)	Κλίμακα οργάνου	Αντίσταση (Ω)
AΔ			
AB			
BΓ			

3. 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 (Ω)
AB		
BΓ		
ΑΔ		
ΓΔ		

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

Σημεία μετρήσεως	Ενδείξεις βολτομέτρου (V)	Κλίμακα οργάνου	Αντίσταση (Ω)
AB			
BΓ			
ΑΔ			
ΓΔ			

5. Και στα δύο κυκλώματα, όταν αυτά βρίσκονται χωρίς τάση, να μετρηθούν οι αντιστάσεις με ωμόμετρο, επίσης να προσδιορισθούν οι τιμές τους με τα χρώματα και να γραφούν στις σχετικές στήλες του παρακάτω πίνακα. Να συγκριθούν οι τιμές, τις οποίες δίνει το ωμόμετρο, με εκείνες, που δίνουν τα χρώματα των αντιστάσεων. Ποιές ενδείξεις είναι οι πιο ακριβείς, του ωμομέτρου ή των χρωμάτων;

Αντιστάσεις	Ένδειξη ωμομέτρου	Ένδειξη χρωμάτων
1		
2		
3		
4		
5		
6		

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

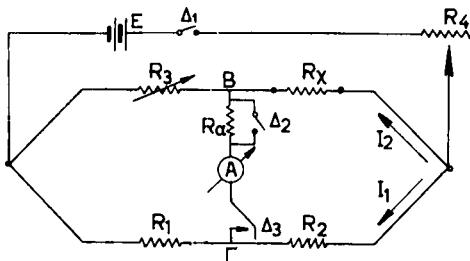
\_\_\_\_\_

## ΑΣΚΗΣΗ 24

### ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΥΙΤΣΤΟΝ (WHEATSTONE)

Στην άσκηση 12 εξετάσθηκε η αρχή λειτουργίας και η χρήση μιας απλής γέφυρας για τη μέτρηση αντιστάσεων. Από τον Γουίτστον επινοήθηκε η γέφυρα ισορροπίας, η οποία στηρίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας, όπως και η απλή γέφυρα είναι όμως, βελτιωμένη και εξυπηρετεί σε ποικίλες μετρήσεις στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Η ικανότητα της γέφυρας αυτής να προσδιορίζει την τιμή μιας άγνωστης αντιστάσεως με μεγάλη ακρίβεια, και μάλιστα όταν η τιμή της μετρούμενης αντιστάσεως είναι πολύ μικρή, την καθιστά πολύτιμο όργανο.

Στο εμπόριο υπάρχουν γέφυρες Γουίτστον κατασκευής διαφόρων εργοστασίων, επομένως διαφορετικής εμφανίσεως. Η λειτουργία όλων αυτών όμως στηρίζεται στην ίδια αρχή. Το βασικό κύκλωμα μιας γέφυρας Γουίτστον φαίνεται στο σχήμα 24.α.



Σχ. 24.α.

Μια πηγή συνεχούς τάσεως ( $E$ ) τροφοδοτεί τέσσερις αντιστάσεις ( $R_1$ ), ( $R_2$ ), ( $R_3$ ) και ( $R_x$ ), συνδεμένες σε σχήμα τετραπλεύρου.

Έστω ότι η ( $R_x$ ) είναι η άγνωστη αντίσταση. Όταν η διαφορά δυναμικού στα σημεία ( $B$ ) και ( $G$ ) είναι μηδέν, τότε στον κλάδο ( $BG$ ) του οργάνου ( $A$ ) (το όργανο  $A$  είναι γαλβανόμετρο και έχει την ένδειξη του μηδενός στη μέση της κλίμακάς του) κανένα ρεύμα δύνεται να ρέει στον κλάδο ( $BG$ ). Στην περίπτωση αυτή η διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντιστάσεως ( $R_x$ ) είναι (στη προς τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της ( $R_x$ )). Το ίδιο ισχύει και για την άλλη πλευρά της γέφυρας, δηλαδή στα άκρα της ( $R_1$ ) και της μεταβλητής αντιστάσεως ( $R_3$ ) επικρατεί η ίδια διαφορά δυναμικού. Από τα παραπάνω προκύπτουν οι σχέσεις:

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

Αν διαιρέσουμε κατά μέλη τις δύο αυτές σχέσεις προκύπτει:

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

και από αυτήν:

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

οπότε:  $R_x = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$  (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 η άγνωστη αντίσταση ( $R_x$ ). Εννοείται ότι σε μια γέφυρα Γουΐτστον κατασκευής εργοστασίου, η τιμή της άγνωστης αντιστάσεως ( $R_x$ ) δίνεται απ' ευθείας, χωρίς κανένα υπολογισμό, επάνω στο όργανο, το οποίον έχει βαθμολογηθεί με βάση τη σχέση (1).

Ο ροοστάτης ( $R_4$ ) τίθεται μόνο για να περιορίζει την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει τους κλάδους της γέφυρας, ώστε να μη κινδυνεύουν οι αντιστάσεις της.

Τονίζεται και πάλι ότι η σχέση (1) ισχύει μόνο, όταν η γέφυρα βρίσκεται σε ισορροπία, δηλαδή όταν από τον κλάδο (ΒΓ) δεν διέρχεται καθόλου ρεύμα.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα της γέφυρας Γουΐτστον. Ως συνδετικοί αγωγοί στους κλάδους της γέφυρας να χρησιμοποιηθούν πολύκλωνα καλώδια, όσο το δυνατό μικρότερης αντιστάσεως.

2. Να γίνει ρύθμιση (δηλαδή να επιτευχθεί ισορροπία) της γέφυρας με τον ακόλουθο τρόπο: Συνδέεται η ( $R_x$ ) και κλείεται ο διακόπτης ( $\Delta_1$ ). Ρυθμίζεται η ( $R_4$ ), ώστε η ένταση του ρεύματος σε όλες τις αντιστάσεις της γέφυρας να είναι στα όρια ασφαλείας. Ακόλουθα ρυθμίζεται η ( $R_3$ ), ώστε το ρεύμα στο γαλβανόμετρο να μηδενισθεί (στιγμαίο κλείσιμο του δικόπτη  $\Delta_3$ ). Βραχυκυκλώνεται τότε η ( $R_a$ ) (κλείνεται και ο διακόπτης  $\Delta_2$ ), ώστε να επιτευχθεί αύξηση της ευαισθησίας της γέφυρας και ρυθμίζεται πάλι η ( $R_3$ ) (λεπτή ρύθμιση), ώστε να μηδενισθεί εντελώς το ρεύμα του γαλβανόμετρου. Έτσι επιτυγχάνεται η ισορροπία της γέφυρας.

Εάν η ( $R_x$ ) έχει τέτοια τιμή ώστε να μη επιτυγχάνεται ισορροπία της γέφυρας, επιβάλλεται να αλλαχθούν οι αντιστάσεις ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ). Φυσικά σε μια γέφυρα του εμπορίου η αλλαγή αυτή γίνεται με διακόπτες, μια και στο εσωτερικό κύκλωμα της γέφυρας υπάρχουν αντιστάσεις αντιπροσωπευτικές όλων των μεγεθών.

3. Στην κατάσταση ισορροπίας της γέφυρας, δηλαδή όταν από τον κλάδο (ΒΓ) δεν διέρχεται ρεύμα, να σημειωθούν οι τιμές των ( $R_3$ ), ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ) και από αυτές να υπολογισθεί η αγνωστή ( $R_x$ ). (Ο υπολογισμός θα γίνει εφ' όσον η γέφυρα της ασκήσεως δεν δίνει αμέσως την τιμή της  $R_x$  σε βαθμολογημένη κλίμακα).

4. Να μετρηθούν με τον τρόπο που περιγράφεται παραπάνω οι αντιστάσεις, που δίνονται στην άσκηση αυτή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και υπολογισμών να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

Αντιστάσεις ( $\Omega$ )	1	2	3	4
Τελική $R_3$				
Κατάσταση $R_1$				
Ισορροπίας $R_2$				
$R_2$				
$R = R_3 \frac{R_2}{R_1}$				

5. Κατά τη μέτρηση μιας από τις αντιστάσεις να αντιστραφούν οι πόλοι της πηγής και να παρατηρηθεί ποιά η επίδραση της αλλαγής αυτής στη μέτρηση.

6. Ποια από τα στοιχεία της γέφυρας επηρεάζουν την ισορροπία της και την ακρίβεια των μετρήσεων;

7. Αν, όταν η γέφυρα έχει ισορροπήσει, αφαιρεθεί ο κλάδος (ΒΓ), θα διαταραχθεί η ισορροπία της γέφυρας; Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

8. Τι θα συμβεί επίσης αν, στην ίδια περίπτωση, ο κλάδος (ΒΓ) βραχυκυκλωθεί;

---

## ΑΣΚΗΣΗ 25

### ΙΣΧΥΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ

#### Νόμος του Joule.

Η γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος είναι μηχανή, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Ο κινητήρας είναι επίσης μηχανή, η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική. Η ηλεκτρική κουζίνα μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική, ενώ ο μετασχηματιστής μετασχηματίζει τους 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 μια μορφή σε μια άλλη περισσότερο χρήσιμη και προσαρμοσμένη σε μια συγκεκριμένη εργασία.

Ένα ποσοστό από την ενέργεια, η οποία προσφέρεται για να μετατραπεί σε άλλη μορφή, χάνεται και κυρίως ακτινοβολείται στο περιβάλλον ως ανεπιθύμητη θερμότητα. Η ενέργεια, που αποδίδεται από μια μηχανή μετά τη μετατροπή **ωφέλιμη ενέργεια**, είναι πάντοτε μικρότερη από την ενέργεια που της προσφέρουμε, **προσφερόμενη ενέργεια**, τόσο, όσο είναι το ποσοστό που χάνεται, **ενέργεια απωλειών**.

Ισχύς μηχανής είναι η ικανότητα της να παράγει έργο. Δηλαδή, η ικανότητά της να μετατρέπει σε ορισμένο χρονικό διάστημα (στη μονάδα του χρόνου) λιγότερο ή περισσότερο ποσό από την προσφερόμενη ενέργεια. Μια 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 (με τη βοήθεια του νόμου του Ωμ) γράφεται επίσης:

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

**Ενέργεια** είναι το γινόμενο της ισχύος επί το χρόνο στην περίπτωση της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = P \cdot t$$

$$\begin{aligned}\text{ή } A &= R \cdot I^2 \cdot t \\ \text{ή } A &= \frac{V^2}{R} \cdot t\end{aligned}$$

Από τη σχέση,  $A = P \cdot t$ , προκύπτει και η αντίστοιχη μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι το  $VA \text{ sec}$  (βολτ - αμπέρ - δευτερόλεπτο) ή  $W \text{ sec}$  (βαττ - δευτερόλεπτο) ή  $\text{joule}$  (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. Εκφράζεται συνήθως επί τοις εκατό της προσφερόμενης ενέργειας, π.χ. 80%, 90% κ.λπ.

Μια από τις πιο συνηθισμένες μετατροπές ηλεκτρικής ενέργειας, που συναντάται περισσότερο και χρησιμοποείται για την εξυπηρέτηση βασικών οικιακών αναγκών, είναι η μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια. Μονάδα της θερμικής ενέργειας είναι η kcal (κιλοκαλορί ή χιλιοθερμίδα). Μια 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.

Στην περίπτωση μικρών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή εκφράζεται σε  $W \text{ sec}$  ή  $\text{joule}$ , ενώ στις περιπτώσεις συνήθων ποσοτήτων, π.χ. εγκαταστάσεων φωτισμού ή κινήσεως, εκφράζεται σε kWh (κιλοβαττωρες).

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

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

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

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

Η ισχύς στο συνεχές ρεύμα μπορεί να μετρηθεί έμμεσα με βολτόμετρο και αμπερόμετρο, ή άμεσα με βαττόμετρο. (Η εσωτερική κατασκευή των οργάνων αυτών εξετάζεται του βολτομέτρου στην άσκηση 21, του αμπερομέτρου στην άσκηση 20 και του βαττομέτρου στην άσκηση 44). Το ίδιο ισχύει και για το εναλλασσόμενο ρεύμα, όταν η κατανάλωση είναι καθαρά ωμική αντίσταση.

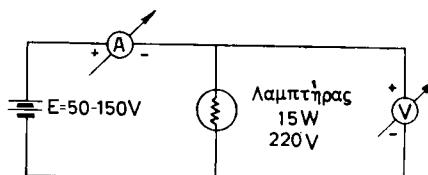
Η ηλεκτρική ενέργεια, που υπολογίζεται ως ισχύς επί το χρόνο, μετρείται επίσης έμμεσα με βολτόμετρο και αμπερόμετρο ή με βαττόμετρο, και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται επί το χρόνο ή, όπως συνήθως συμβαίνει, μετρείται άμεσα με ένα μετρητή ενέργειας. Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας για το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι τα «ρολόγια» τα οποία έχει εγκαταστήσει η ΔΕΗ σε όλα τα σπίτια, που ηλεκτροδοτεί. (Στην άσκηση 45 εξετάζεται η εσωτερική κατασκευή και η λειτουργία των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

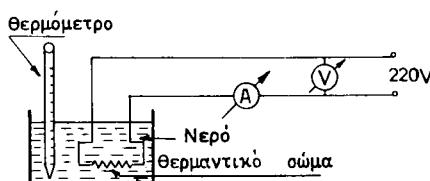
1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 25.a. Να μετρηθούν η εφαρμοζόμενη τάση και η ένταση του ρεύματος σ' αυτό και να υπολογισθεί η ισχύς της καταναλώσεως.

2. Το προηγούμενο κύκλωμα να τροφοδοτηθεί με τάση δικτύου 220 V και να μετρηθεί με βαττόμετρο η ισχύς που καταναλώνεται στο λαμπτήρα (προσοχή στη σύνδεση του βαττομέτρου, να την ελέγχει προηγούμενα ο Καθηγητής). Να συγκριθούν τα αποτελέσματα των δύο μετρήσεων.

3. Επίσης στο προηγούμενο κύκλωμα, να μετρηθεί η ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται σε διάστημα δέκα λεπτών. Για τη μέτρηση αυτή να χρησιμοποιηθεί μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (μικρό «ενδιάμεσο ρολό» που θα συνδεσμολογηθεί όπως θα υποδείξει ο Καθηγητής).



Σχ. 25.α.



Σχ. 25.β.

4. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 25.β και να επαληθευθεί ο νόμος του Joule ( $1 \text{ joule} = 0,000239 \text{ kcal}$ ).

Για την πραγματοποίηση του παραπάνω κυκλώματος διατίθενται:

a) Γιάλινο δοχείο γεμάτο νερό ( $1 \text{ kg}$  νερού).

β) Θερμόμετρο.

γ) Ειδικό θερμαντικό σώμα (εμβαπτιζόμενη ηλεκτρική αντίσταση).

δ) Πηγή και τα απαραίτητα όργανα μετρήσεως των ηλεκτρικών μεγεθών.

5. Αφού εφαρμοσθεί η τάση του δικτύου στο παραπάνω κύκλωμα, να μετρηθουν:

a) Η προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε 5 πρώτα λεπτά.

β) Η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια επίσης σε 5 πρώτα λεπτά.

γ) Να γίνουν σχετικοί υπολογισμοί, όπου απαιτούνται.

Για την επαλήθευση του νόμου του Joule να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

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

Σ' αυτή:  $(\Theta)$  = το ποσό της θερμότητας σε kcal.

$(M)$  = η μάζα του νερού σε kg.

$(c)$  = η ειδική θερμότητα σε kcal/kg (για το νερό  $c=1$ ).

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

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

6. Να υπολογισθεί ο βαθμός αποδόσεως της συσκευής και να σχολιασθεί η ποιότητά της. Κατά την κρίση της ποιότητας της συσκευής να ληφθούν υπόψη, εκτός από τις απώλειες, και τα σφάλματα μετρήσεων.

7. Ποιο είναι το ποσό της θερμότητας (σε kcal), που αποδίδει ηλεκτρικό σίδερο ισχύος 400 W σε διάστημα μιας ώρας;

---

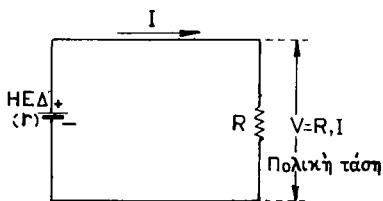
## ΑΣΚΗΣΗ 26

### ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΠΗΓΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΠΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ

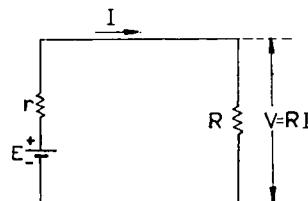
Στο σχήμα 26.α φαίνεται ένα κύκλωμα με πηγή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως ( $E$ ), η οποία παρέχει ρεύμα εντάσεως ( $I$ ) σε κατανάλωση (φορτίο) ( $R$ ), ενώ στο σχήμα 26.β ένα ισοδύναμο προς το προηγούμενο κύκλωμα.

Τά κύρια χαρακτηριστικά κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι δύο:

- Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) ( $E$ ), που είναι πάντοτε σταθερή.**
- Η εσωτερική αντίσταση ( $r$ ), που είναι πάντοτε επίσης σταθερή**



Σχ. 26.α.



Σχ. 26.β.

Επομένως στο παραπάνω κύκλωμα η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος, το οποίο παρέχει η πηγή, εξαρτάται μόνο από την τιμή της καταναλώσεως ( $R$ ), αφού η ΗΕΔ ( $E$ ) και η εσωτερική αντίσταση ( $r$ ) είναι σταθερά μεγέθη. Πράγματι ο νόμος του Ωμ για πλήρες κύκλωμα δίνει για την ένταση του ρεύματος τη σχέση:

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

Η σχέση αυτή γίνεται:

$$E = (R + r) \cdot I \quad E = R \cdot I + r \cdot I$$

Το γινόμενο  $R \cdot I = V$  είναι η **πολική τάση** της πηγής. Το γινόμενο  $r \cdot I$  είναι η **εσωτερική πτώση τάσεως** της πηγής. Δηλαδή η (σταθερή) ηλεκτρεγερτική δύναμη ( $E$ ) ισούται με το άθροισμα της πολικής τάσεως ( $V$ ) και της εσωτερικής πτώσεως τάσεως της πηγής.

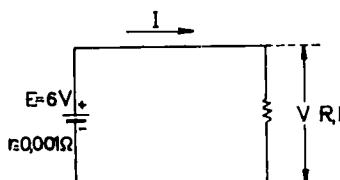
$$E = V + r \cdot I$$

Επομένως η πολική τάση ( $V$ ) θα ισούται:

$$V = E - rI$$

Εάν τώρα η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι αρκετά μικρή (π.χ.  $0,01\Omega$  ή  $0,001\Omega$  ή και ακόμη μικρότερη), το γινόμενο  $rI$  θα είναι επίσης μικρό, ακόμη και αν η ένταση του ρεύματος ( $I$ ) είναι αρκετά μεγάλη. Επομένως η πολική τάση ( $V$ ) θα πλησιάζει να γίνεται ίση προς τη σταθερή ΗΕΔ ( $E$ ). Δηλαδή η πολική τάση ( $V$ ) θα είναι και αυτή σχεδόν σταθερή, ακόμα και αν η πηγή παρέχει πολύ ρεύμα (αρκεί η εσωτερική αντίσταση της πηγής, να είναι αρκετά μικρή, και μάλιστα σε σύγκριση προς την ( $R$ )).

Έστω π.χ. ότι μια πηγή έχει ΗΕΔ  $E = 6V$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 0,001\Omega$ , όπως στο σχήμα 26.γ.



Σχ. 26.γ.

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

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

Η εσωτερική πτώση τάσεως θα είναι:

$$rI = 0,001 \times 0,6 = 0,0006V$$

Άρα η πολική τάση θα είναι:

$$V = E - rI = 6 - 0,0006 = 5,9994V$$

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

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

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

Η εσωτερική πτώση τάσεως θα είναι:

$$rI = 0,001 \times 11,976 = 0,011976 \approx 0,012V.$$

Άρα η πολική τάση θα είναι:

$$V = E - rI = 6 - 0,012 = 5,88V$$

Αλλά και τα 5,88 V πλησιάζουν αρκετά προς τα 6V της ΗΕΔ της πηγής. Δηλαδή η πηγή (E) στην πρώτη περίπτωση έδινε ρεύμα 0,6A και στη δεύτερη έδωσε ρεύμα σχεδόν 12A. Αλλά και στις δύο περιπτώσεις η πολική της τάση δεν άλλαξε σε σημαντικό βαθμό. Και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η πηγή και στις δύο περιπτώσεις είχε μικρή εσωτερική αντίσταση σε συγκρίση προς την εξωτερική αντίσταση του φορτίου.

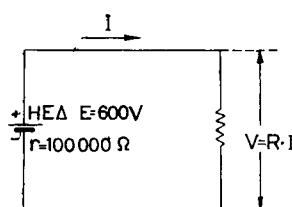
Από όσα ανεφέρθησαν ως τώρα, προκύπτει το εξής συμπέρασμα: 'Οσο μικρότερη είναι η εσωτερική αντίσταση της πηγής που παρέχει ρεύμα σε μια κατανάλωση, τόσο μικρότερη είναι η εσωτερική πτώση τάσεως και άρα τόσο σταθερότερη είναι η πολική τάση της πηγής, η οποία και παραμένει σχεδόν ίση προς την ΗΕΔ της. Το μέγεθος της εσωτερικής αντιστάσεως κρίνεται πάντοτε σε σχέση προς την τιμή της αντιστάσεως καταναλώσεως του κυκλώματος, που τροφοδοτεί η πηγή.

'Ωστε αν μια πηγή έχει πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση, σε συγκρίση προς την κατανάλωση (R), μπορεί να παρέχει ρεύματα με διάφορες εντάσεις, χωρίς η πολική της τάση, να μεταβάλλεται σε σημαντικό βαθμό. Και αν υπήρχε μια τέλεια πηγή, με **εσωτερική αντίσταση μηδέν**, τότε, κατά την παροχή ρεύματος προς φορτίο, η πηγή αυτή δεν θα είχε καθόλου εσωτερική πτώση τάσεως, η δε πολική τάση της θα ήταν εντελώς σταθερή και ίση προς την ΗΕΔ της.

Μια πηγή όμως με  $r=0$ , η οποία ονομάζεται **ιδανική πηγή τάσεως**, στις πρακτικές εφαρμογές είναι αδύνατο να υπάρξει. Υπάρχουν όμως πηγές με εσωτερική αντίσταση τόσο μικρή ώστε να κρατούν σχεδόν σταθερή την πολική τους τάση για διάφορες εντάσεις ρευμάτων, τα οποία παρέχουν. Στους υπολογισμούς η εσωτερική αντίσταση των πηγών αυτών μπορεί να παραλείπεται ως πολύ μικρή και οι πηγές τότε ονομάζονται **πηγές τάσεως ή στερεές πηγές τάσεως**.

'Ωστε **στερεά πηγή τάσεως μπορεί να θεωρείται κάθε πηγή, η οποία έχει πολύ μικρή (αμελητέα στην πράξη) εσωτερική αντίσταση και επομένως κρατεί σταθερή την πολική της τάση, ανεξάρτητη από την ένταση του ρεύματος, που παρέχει.**

Έστω τώρα το κύκλωμα του σχήματος 26.δ.



Σχ. 26.δ.

Σ' αυτό η πηγή (E) έχει πολύ μεγάλη εσωτερική αντίσταση, σχετικά προς την (R) καταναλώσεως. Και εδώ το ρεύμα, το οποίο παρέχει η πηγή, δίνεται από τό νόμο του Ωμ για πλήρες κύκλωμα:

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

Εάν όμως η ( $r$ ) είναι αρκετά μεγάλη, τότε η ένταση του ρεύματος (I) θα είναι

σχεδόν σταθερή, ακόμα και όταν η κατανάλωση ( $R$ ) μεταβάλλεται. Π.χ., εάν  $r = 100000 \Omega$  η εσωτερική αντίσταση, η δε  $R = 500 \Omega$ , η ένταση του ρεύματος στο προηγούμενο κύκλωμα θα είναι:

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

Η πολική τάση της πηγής θα είναι:

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

Αν η ( $R$ ) γίνη  $5000 \Omega$ , η ένταση του ρεύματος θα είναι:

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

και η πολική τάση της πηγής θα είναι:

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

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

Από το παράδειγμα αυτό εξάγεται το ακόλουθο συμπέρασμα:

*'Όταν μία πηγή έχει μεγάλη εσωτερική αντίσταση (μεγάλη σε σύγκριση προς την τιμή της καταναλώσεως), το ρεύμα που παρέχει σε διάφορα φορτία είναι σχεδόν σταθερό, ανεξάρτητο από την πολική της τάση, η οποία μπορεί να μεταβάλλεται μέσα σε μεγάλα περιθώρια.*

Είναι επίσης φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η εσωτερική αντίσταση της πηγής, τόσο σταθερότερο θα είναι το ρεύμα για διαφορετικά φορτία. Και αν υπήρχε μια τέλεια πηγή, με εσωτερική αντίσταση απείρως μεγάλη, το ρεύμα, που θα παρείχε σε οποιαδήποτε κατανάλωση, θα ήταν εντελώς σταθερό. (Τονίζεται πάλι ότι μεγάλη  $r$  αναφέρεται πάντοτε σε σχέση προς την  $R$  καταναλώσεως).

Πηγή όμως με τόσο μεγάλη εσωτερική αντίσταση, που να τείνει στο άπειρο, είναι αδύνατο να υπάρξει. Υπάρχουν όμως πηγές με εσωτερική αντίσταση αρκετά μεγάλη, ώστε να παρέχουν σταθερό σχεδόν ρεύμα σε ποικίλες καταναλώσεις, ενώ η πολική τους τάση μεταβάλλεται. Οι πηγές αυτές ονομάζονται **πηγές ρεύματος ή στερεές πηγές εντάσεως**.

'Ωστε πηγή ρεύματος ή στερεά πηγή εντάσεως μπορεί να θεωρείται κάθε πηγή, που έχει πολύ μεγάλη εσωτερική αντίσταση και επομένως κρατά σχεδόν σταθερό το ρεύμα, που παρέχει στις διάφορες καταναλώσεις, ανεξάρτητα από τις μεταβολές της πολικής της τάσεως.

Γενικά μία πηγή μπορεί να θεωρηθεί ως πηγή τάσεως ή πηγή ρεύματος, εάν η εσωτερική της αντίσταση, συγκρινόμενη πάντοτε προς την αντίσταση της καταναλώσεως, είναι αρκετά μικρή (πηγή τάσεως) ή αρκετά μεγάλη (πηγή ρεύματος).

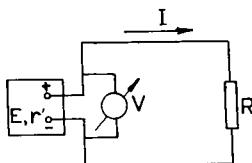
**Πώς είναι δυνατόν να βρεθεί, όταν χρειασθεί, μια πηγή τάσεως ή ρεύματος:**

Αναφέρθηκε στα προηγούμενα ότι τέλεια (ιδανική) πηγή τάσεως ή ρεύματος δεν μπορεί να υπάρξη. Μήπως όμως είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί στην πράξη (π.χ.

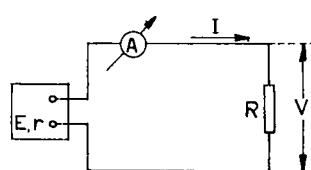
σε μια εργαστηριακή άσκηση) μια πηγή, που να είναι ισοδύναμη προς στέρεη πηγή τάσεως ή ρεύματος; Πηγές του είδους αυτού είναι δυνατό να κατασκευασθούν στο Εργαστήριο με τους ακόλουθους απλούς τρόπους:

**α) Στέρεη πηγή τάσεως.** Έστω πηγή (E), η οποία παρέχει ρεύμα (I) στο φορτίο (R). Παράλληλα με την πηγή τοποθετείται βιολτόμετρο (V). Εάν η πηγή (E) μπορεί να ρυθμίζεται διαρκώς ώστε για οποιαδήποτε μεταβολή του φορτίου (R) (δηλαδή, για οποιαδήποτε μεταβολή του ρεύματος I) **να παρέχει σταθερή τάση (V)**, την οποία δείχνει το βιολτόμετρο, τότε η πηγή αυτή ισοδυναμεί προς στέρεη πηγή τάσεως.

Στο σχήμα 26.ε παριστάνεται κύκλωμα για την πραγματοποίηση «στέρεης πηγής τάσεως» στο Εργαστήριο. Η πηγή (E, r) παρέχει σταθερή τάση (V) σε ποικίλα φορτία με συνεχή ρύθμιση της.



Σχ. 26.ε.



Σχ. 26.στ.

**β) Στέρεη πηγή εντάσεως.** Έστω πηγή (E), που παρέχει ρεύμα (I) σε φορτίο (R).

Στο σχήμα 26.στ παριστάνεται κύκλωμα για την πραγματοποίηση «στέρεης πηγής εντάσεως» στο Εργαστήριο. Η πηγή (E, r) παρέχει σταθερό ρεύμα (I) προς ποικίλα φορτία με συνεχή ρύθμιση της.

Εν σειρά πρός το φορτίο τοποθετείται αμπερόμετρο (A). Αν η πηγή (E) είναι δυνατό να ρυθμίζεται διαρκώς, ώστε για οποιαδήποτε μεταβολή του φορτίου (R) (δηλαδή, για οποιαδήποτε μεταβολή της τάσεως V) **να παρέχει σταθερό ρεύμα (I)**, το οποίο δείχνει το αμπερόμετρο, τότε η πηγή αυτή ισοδυναμεί προς πηγή ρεύματος ή στέρεη πηγή εντάσεως.

**Ισχύ που παρέχεται προς το φορτίο και εσωτερική αντίσταση της πηγής.** Στην άσκηση εξετάζεται με ποιόν τρόπο μια στέρεη πηγή, τάσεως ή εντάσεως, μπορεί στην πράξη να παρέχει την μέγιστη δυνατή ισχύ σε ένα φορτίο. Το πρόβλημα είναι: Πόση αντίσταση πρέπει να παρουσιάζει το φορτίο, ώστε να λαμβάνει από την πηγή τη μέγιστη δυνατή ισχύ;

Στο σχήμα 26.ζ φαίνεται μια πηγή (E) με εσωτερική αντίσταση (r) και εξωτερική κατανάλωση (φορτίο) (R).

Εάν η αντίσταση (R) μπορεί να μεταβάλλεται, αποδεικνύεται ότι για κάποια τιμή της επιτυγχάνεται παροχή με μέγιστη ισχύ σ' αυτήν.

Συγκεκριμένα αποδεικνύεται ότι, εάν η εξωτερική αντίσταση (R) έχει τιμή ίση προς την τιμή της εσωτερικής αντιστάσεως (r) της πηγής, τότε η ισχύς, την οποίαν παρέχει η πηγή προς την (R) είναι η μέγιστη δυνατή.

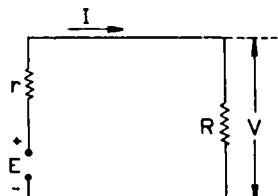
Έστω π.χ. ότι η πηγή (E) του προηγούμενου σχήματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E = 50 \text{ V}$  και εσωτερική αντίσταση  $r = 10\Omega$ . Αν είναι  $R = 2 \Omega$ , η ολική αντίσταση του κυκλώματος θα είναι  $10 + 2 = 12\Omega$ .

Το ρεύμα (I), κατά το νόμο του Ωμ, θα είναι:

$$I = \frac{E}{R_{\text{ohm}}} = \frac{50}{12} = 4,166 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς του φορτίου στην αντίσταση θα 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  $\Omega$ ), είναι δυνατόν με τον ίδιο τρόπο υπολογισμού να καταρτισθεί ο ακόλουθος πίνακας:

ΗΕΔ Ε (V)	Εσωτερική αντίσταση ( $\Omega$ )	Αντίσταση φορτίου $R$ ( $\Omega$ )	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 τον πίνακα αυτό φαίνεται ότι, όταν η αντίσταση του φορτίου ( $R$ ) συμβεί να γίνει (ση προς την εσωτερική αντίσταση της πηγής ( $R = r = 10 \Omega$ ), επιτυγχάνεται η μέγιστη μεταφορά ισχύος (62,5 W) από την πηγή προς το φορτίο.

Ο κανόνας αυτός έχει εφαρμογή σε κάθε ηλεκτρική διάταξη, στην οποία μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο.

Αυτή η κατάσταση ιστότητας:  $r = R$ , λέγεται **προσαρμογή ισχύος** ή **προσαρμογή πηγής-καταναλώσεως** και φανερώνει ότι τότε γίνεται εκμετάλλευση της μέγιστης δυνατής ισχύος της πηγής προς την κατανάλωση.

Το ποσό της μέγιστης αυτής ισχύος για την κατάσταση προσαρμογής ( $R = r$ ) δίνεται από την σχέση:

$$W_{\text{μεγ}} = \frac{E^2}{4r}$$

Η σχέση αυτή αποδεικνύεται ως εξής:

Όπως είναι γνωστό, η ισχύς, που παρέχεται στην κατανάλωση ( $R$ ), είναι:

$$W = R \cdot I^2. \quad (1)$$

Αλλά το ρεύμα του κυκλώματος, όπως αναφέρθηκε στην αρχή της ασκήσεως, ισούται με:

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

και αν αντικατασταθεί το ( $I$ ) στην (1) θα προκύψει:

$$W = R \left( \frac{E}{R + r} \right)^2 = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2} \quad (2)$$

Αλλά, 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**, με την έννοια ότι προφανώς είναι η μεγαλύτερη που μπορεί να διαθέσει μια ορισμένη πηγή με δοσμένη εσωτερική αντίσταση.

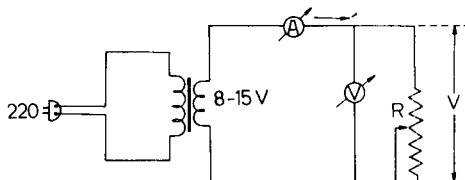
Από την σχέση προσαρμογής εξάγεται το ακόλουθο σημαντικό συμπέρασμα:

**Μία πηγή ορισμένης ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως ( $E$ ) έχει τόσο περισσότερη διαθέσιμη ισχύ, όσον μικρότερη είναι η εσωτερική της αντίσταση.**

Όλα όσα αναφέρθηκαν εφαρμόζονται τόσο σε πηγές συνεχούς, όσον και σε πηγές εναλλασσόμενης τάσεως.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 26.η.



Σχ. 26.θ.

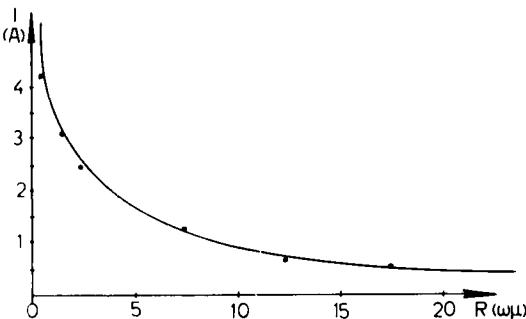
2. Με μεταβολή της αντιστάσεως ( $R$ ), από μέγιστο προς ελάχιστο, να ληφθούν μετρήσεις για 10 τουλάχιστον διαφορετικές τιμές της και να συμπληρωθεί ο

παρακάτω πίνακας: ('Η R είναι βαθμολογημένη μεταβλητή αντίσταση-ροοστάτης):

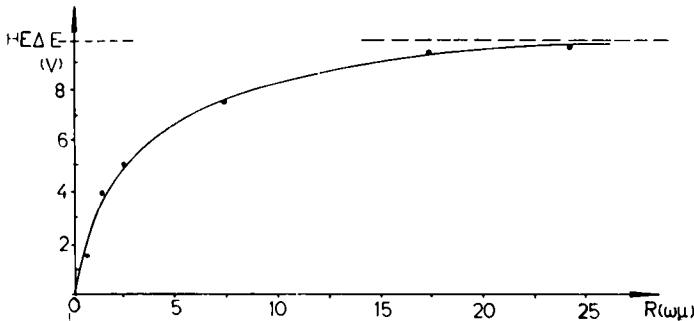
R ( $\Omega$ )	I (A)	V (V)	W (W)

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης ερωτήσεως να χαραχθεί η καμπύλη μεταβολής του ρεύματος (I) σε συνάρτηση με τις μεταβολές της αντιστάσεως (R). Η μορφή της καμπύλης αυτής θα είναι όπως στο σχήμα 26.θ.

4. Επίσης να χαραχθεί η καμπύλη των μεταβολών της τάσεως (V) στα άκρα της (R), όταν η τιμή της (R) μεταβάλλεται. Η μορφή της καμπύλης αυτής θα είναι όπως η του σχήματος 26.ι.



Σχ. 26.θ.



Σχ. 26.ι.

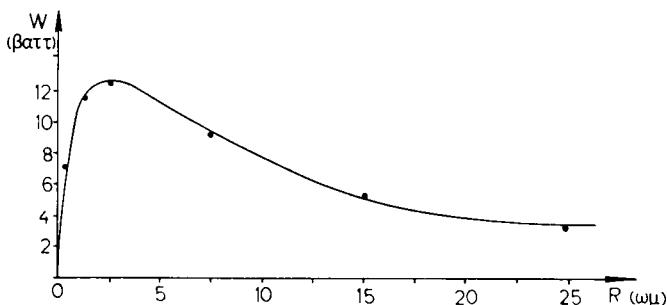
5. Από τις τιμές της εντάσεως του ρεύματος (I) και της τάσεως (V) για τις διάφορες τιμές της (R), να υπολογισθεί η ισχύς στο φορτίο (R) από τη σχέση  $W = VI$  και να συμπληρωθεί η τελευταία στήλη του πίνακα της περιπτώσεως 2.

6. Να χαραχθεί η καμπύλη των μεταβολών της ισχύος (W) σε συνάρτηση με τις

μεταβολές της ( $R$ ). Η μορφή της καμπύλης αυτής θα είναι όπως η του σχήματος 26. ia.

7. Από τους υπολογισμούς και της τελευταίας καμπύλης να προσδιορισθεί η ( $R$ ) προσαρμογής.

8. Ποια είναι η εσωτερική αντίσταση της πηγής;



Σχ. 26.ia.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

### Εισαγωγή στις επόμενες ασκήσεις: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΠΛΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις **Εγκαταστάσεις Φωτισμού**, όπως είναι όλες οι εγκαταστάσεις στα σπίτια και τις **Εγκαταστάσεις 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 Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων** όπως αναφέρονται σε ειδικό Κεφάλαιο της Ηλεκτροτεχνίας.

Οι Κανονισμοί αυτοί συντάσσονται με βάση: α) Την ασφάλεια των ανθρώπων και των εγκαταστάσεων. β) Την οικονομία κατά την κατασκευή. γ) Την εξυπηρέτηση κατά την χρήση. δ) Την καλή εμφάνιση.

Στις επόμενες ασκήσεις εξετάζονται τα κυκλώματα συνηθισμένων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από αυτές που εφαρμόζονται στα σπίτια μας.

### ΑΣΚΗΣΗ 27

#### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΠΛΟΥ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

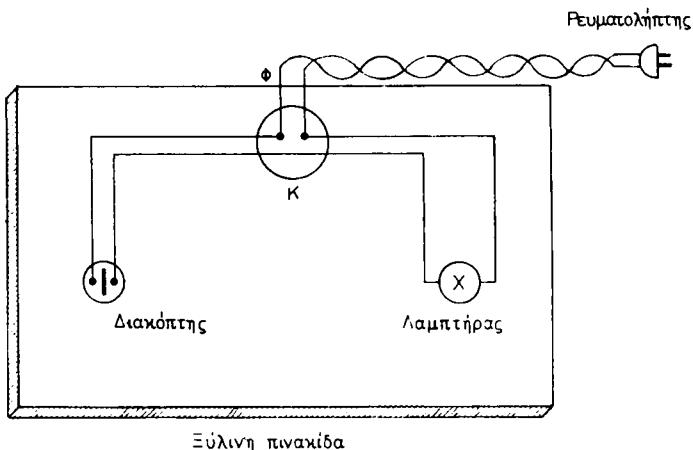
Η συνδεσμολογία ενός λαμπτήρα είναι η πιο απλή. Τα υλικά που χρειάζονται γι' αυτήν είναι: ένας λαμπτήρας με τη βάση του (το ντουί) ένας απλός διακόπτης και οι αγωγοί συνδέσεως.

Σε μια 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 Εργαστηρίου) και θα δει την λειτουργία της. Για τη συνδεσμολογία στην πινακίδα χρειάζεται ακόμη και ένας ρευματολήπτης. Το κύκλωμα της συνδεσμολογίας φαίνεται στο σχήμα 27.a.

Όταν η συνδεσμολογία αυτή εφαρμόζεται όχι σε πινακίδα, όπως στην άσκηση, αλλά σε μια μόνιμη εγκατάσταση, η εισαγωγή των αγωγών στο σημείο Κ πρέπει να γίνεται με **κιβώτιο διακλαδώσεως** και το καλώδιο της φάσεως Φ να συνδέεται στο διακόπτη. Οι αγωγοί που εισάγονται στην πινακίδα του σχεδίου σημειώνονται με «Φ» η φάση και με «Ο» ο ουδέτερος.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ο κάθε μαθητής στην πινακίδα του να κατασκευάσει το κύκλωμα όπως περιγράφεται στα προηγούμενα και φαίνεται στο σχήμα 27.a.



**Σχ. 27.a.**

2. Όταν τελειώσει η κατασκευή, να δηλωθεί αυτό στον καθηγητή. Μετά τον έλεγχο που θα κάνει ο καθηγητής και την έγκρισή του, να τεθεί σε τάση το κύκλωμα και να ελεγχθεί η λειτουργία του με το διακόπτη.

3. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα όπως το προηγούμενο, αλλά με δύο λαμπτήρες που θα ανάβουν και θα σβήνουν από τον ίδιο διακόπτη.

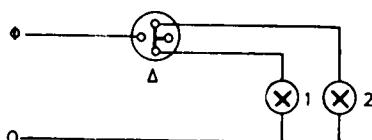
4. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα που να έχει, εκτός από τον λαμπτήρα, και μια πρίζα.

5. Εξήγηστε με λίγα λόγια, γιατί πρέπει η φάση και όχι ο ουδέτερος, να περνάει από το διακόπτη.

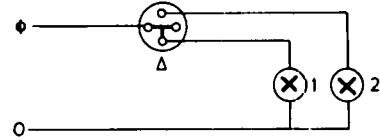
## ΑΣΚΗΣΗ 28

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ (COMMUTATEUR)

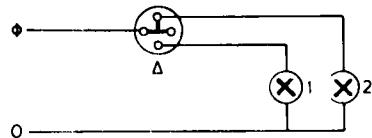
Την συνδεσμολογία αυτή τη χρησιμοποιούμε όταν στο ίδιο φωτιστικό σώμα έχουμε δύο λαμπτήρες που θέλομε να ανάβουν ή να σβήνουν ο καθένας χωριστά ή και οι δύο μαζί. Φυσικά το ίδιο κύκλωμα εφαρμόζεται και για περισσότερους λαμπτήρες, που είναι χωρισμένοι όμως σε δύο ομάδες. Την ονομασία «κομιτατέρ» (μεταγγέλτα) την παίρνει το κύκλωμα από το διακόπτη, που δεν είναι με δύο επαφές, όπως της προηγούμενης ασκήσεως, αλλά έχει τρεις επαφές, από τις οποίες η μία, η μεσαία, συνδέεται με τη φάση και οι άλλες δύο με τους λαμπτήρες, όπως φαίνεται στο θεωρητικό κύκλωμα του σχήματος 28.α.



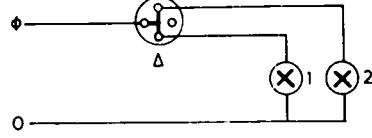
Σχ. 28.α.



Σχ. 28.β.



Σχ. 28.γ.



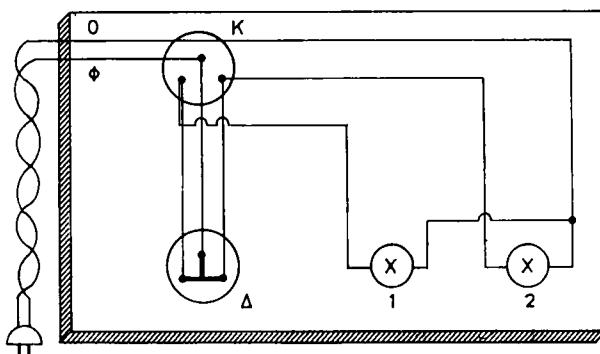
Σχ. 28.δ.

Όπως είναι ο διακόπτης στο κύκλωμα του σχήματος αυτού, κανένας λαμπτήρας δεν ανάβει. Στο σχήμα 28.β. ανάβει ο λαμπτήρας 1, στο σχήμα 28.γ ο λαμπτήρας 2 και στο σχήμα 28.δ ανάβουν και οι δύο λαμπτήρες μαζί.

Η κατασκευή ενός τέτοιου κυκλώματος, μετά την κατασκευή της προηγούμενης ασκήσεως, δεν είναι δύσκολη. Χρειάζεται μόνο λίγη προσοχή στη συνδεσμολογία του διακόπτη. Γι' αυτό, με βάση τα τέσσερα αυτά κυκλώματα και με ένα ωμόμετρο, καλό θα είναι να αναγνωρισθεί πρώτα ο διακόπτης σε ποιές θέσεις του συνδέει και αποσυνδέει και έπειτα να γίνει η συνδεσμολογία. Εκτός από το διακόπτη χρειάζονται εδώ δύο λαμπτήρες με τις βάσεις τους, οι αγωγοί συνδέσεως και ο 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 το κύκλωμα με δύο λαμπτήρες.
2. 'Όταν τελειώσει η κατασκευή, να δηλωθεί αυτό στον καθηγητή. Μετά τον έλεγχο που θα κάνει ο καθηγητής και την έγκρισή του, να τεθεί σε τάση το κύκλωμα και να ελεγχθεί η λειτουργία του με το διακόπτη σε όλες τις θέσεις.
3. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα (θεωρητικό ή πρακτικό) με διακόπτη μεταγωγέα (κομιτατέρ) και τέσσερις λαμπτήρες που θα ανάβουν ανά δύο και όλοι μαζί.
4. Μπορεί ο διακόπτης μεταγωγέας να δουλέψει σαν απλός διακόπτης; Εάν η απάντησή σας είναι ΝΑΙ, σχεδιάστε το κύκλωμα.



**Σχ. 28.ε.**

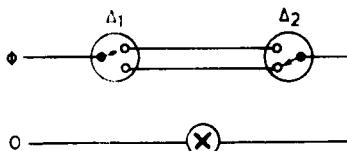
## ΑΣΚΗΣΗ 29

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ (ALLER - RETOUR)

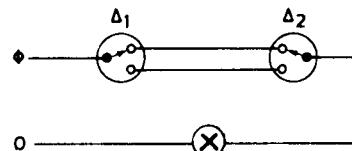
Την συνδεσμολογία με διακόπτες επιστροφής την κατασκευάζουμε όταν θέλουμε ένας λαμπτήρας να ανάβει και να σβήνει από δύο ή περισσότερα διαφορετικά σημεία. Π.χ. ο λαμπτήρας στην είσοδο μιας διόροφης οικοδομής που φωτίζει την κλίμακα και θέλουμε να τον ανάβομε ή να τον σβήνομε από το κατώφλι ή από το κεφαλόσκαλο. Για ένα τέτοιο κύκλωμα χρειαζόμαστε δύο διακόπτες επιστροφής.

Στο σχήμα 29.α. βλέπομε ένα θεωρητικό κύκλωμα με τους δύο διακόπτες (ακραίους) και τον λαμπτήρα. Από το κύκλωμα αυτό εύκολα μπορεί να καταλάβει κανείς την όλη λειτουργία.

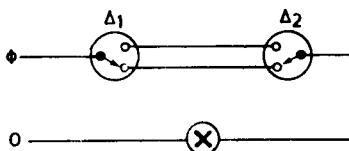
Όπως είναι το κύκλωμα στο σχήμα 29.α. ο λαμπτήρας δεν ανάβει. Μπορούμε όμως να τον ανάψουμε με οποιοδήποτε από τους δύο διακόπτες και έπειτα να τον σβήσουμε με τον ίδιο ή με τον άλλο διακόπτη.



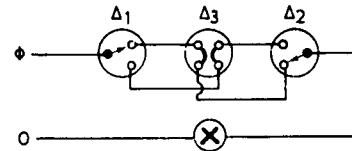
Σχ. 29.α.



Σχ. 29.β.



Σχ. 29.γ.



Σχ. 29.δ.

Οι διαφορετικές αυτες καταστάσεις φαίνονται και εξηγούνται στα σχήματα 29.β και 29.γ.

Στο σχήμα 29.β ο λαμπτήρας ανάβει με τον διακόπτη Δ2 και μπορεί να σβήσει ή με τον ίδιο ή με τον Δ1. Στο σχήμα 29.γ. ο λαμπτήρας ανάβει με τον διακόπτη Δ1 και μπορεί να σβήσει με τον ίδιο ή με τον Δ2.

Στο κύκλωμα φωτισμού με τους δύο ακραίους διακόπτες όπως το είδαμε μέχρι τώρα, μπορεί να παρεμβληθούν και άλλοι (ένας ή περισσότεροι) διακόπτες που επίσης θα ελέγχουν το κύκλωμα. Αυτοί λέγονται ενδιάμεσοι ή μεσαίοι και χρησιμοποιούνται σε κλιμακοστάσια οικοδομών με περισσότερους ορόφους. Οι ενδιάμεσοι αυτοί διακόπτες έχουν τέσσερις σταθερές επαφές και τέσσερις κινητές που οι κινητές όμως είναι ανά δύο βραχυκυκλωμένες.

Στο σχήμα 29.δ. φαίνεται το κύκλωμα ενός λαμπτήρα που ελέγχεται από δύο ακραίους και ένα μεσαίο διακόπτη Δ3.

Στο σχήμα αυτό οι διακόπτες έχουν τέτοια θέση, ώστε ο λαμπτήρας ανάβει και μπορεί να σβήσει και να ξανανάψει με οποιοδήποτε από τους τρεις διακόπτες.

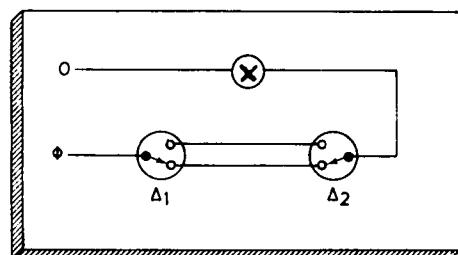
### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ο κάθε μισθωτής να κατασκευάσει στην πινακίδα του ένα κύκλωμα με δύο ακραίους διακόπτες επιστροφής και ένα λαμπτήρα, όπως στο σχήμα 29.ε.

2. Όταν τελειώσει η κατασκευή, να δηλωθεί αυτό στον καθηγητή. Μετά τον έλεγχο που θα κάνει ο καθηγητής και την έγκρισή του, να τεθεί σε τάση το κύκλωμα και να ελεγχθεί η λειτουργία του και από τους δύο διακόπτες.

3. Στη θέση που βρίσκονται οι διακόπτες στο σχήμα 29.ε. ο λαμπτήρας είναι αναμμένος ή σβηστός;

4. Σχεδιάστε κυκλώματα με λαμπτήρα και τρεις διακόπτες (δύο ακραίους κι ένα μεσαίο, όπως στο προηγούμενο σχέδιο), στα οποία ο λαμπτήρας να είναι σβηστός είτε με το διακόπτη Δ1 είτε με το Δ3.



Σχ. 29.ε.

## ΑΣΚΗΣΗ 30

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ

Το μεγαλύτερο μέρος από το φορτίο μιας ηλεκτρικής εγκαταστάσεως φωτισμού σε μια κατοικία αντιπροσωπεύεται από τη λειτουργία του ηλεκτρικού μαγειρείου (ηλεκτρική κουζίνα). Γι' αυτό η εγκατάσταση του μαγειρείου αποτελεί ξεχωριστό κύκλωμα σε ολόκληρη την εγκατάσταση του σπιτιού.

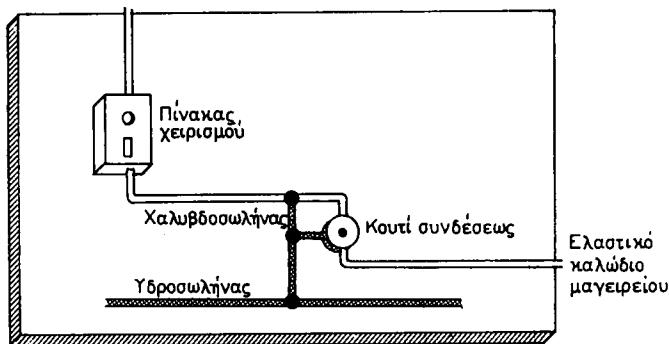
Οι ηλεκτρικές κουζίνες που χρησιμοποιούνται στα σπίτια έχουν ισχύ από 1 KW μέχρι 10 KW και η τροφοδότησή τους γίνεται από το γενικό πίνακα της εγκαταστάσεως με ιδιαίτερη γραμμή, που τη χαρακτηρίζομε **γραμμή μαγειρείου**. Η γραμμή αυτή αναχωρεί από το γενικό πίνακα για να φθάσει στον μερικό πίνακα χειρισμού της κουζίνας, που δεν πρέπει να είναι πάνω από το μαγειρείο, γιατί οι υδρατμοί καταστρέφουν τη μόνωση των αγωγών. Για την κατασκευή της γραμμής χρησιμοποιείται, σύμφωνα με τους κανονισμούς, χαλυβδοσωλήνας και ειδικοί αγωγοί. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι διατομές των αγωγών που χρησιμοποιούνται στις γραμμές μαγειρείου καθώς και οι απαιτούμενες ασφάλειες. Οι τιμές ισχύουν για μονοφασικές γραμμές που τροφοδοτούν ηλεκτρικές κουζίνες σπιτιών και όχι μεγάλες κουζίνες εστιατορίων. Οι κουζίνες εστιατορίων είναι μεγάλης ισχύος και χρειάζονται τριφασική παροχή.

Ισχύς ηλ/κού μαγειρείου σε KW	Διατομή αγωγών τροφοδοτήσεως σε mm <sup>2</sup>	Ασφάλειες σε Α
μέχρι 2,5	1,5	10
από 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 με την γραμμή τροφοδοτήσεως γίνεται με ελαστικό καλώδιο στο κουτί συνδέσεως, που τοποθετείται στον τοίχο πίσω από την κουζίνα και σε απόσταση 35 - 40 cm από το πάτωμα. Το κουτί συνδέσεως είναι χαλύβδινο, στρογγυλό ή τετράγωνο και έχει προστόμιο από μονωτικό υλικό για να προστατεύει το ελαστικό καλώδιο συνδέσεως του μαγειρείου.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να γίνει η εγκατάσταση γραμμής μαγειρείου στην πινακίδα σας, όπως φαίνεται στο σχήμα 30.a.
2. Να περαστούν οι αγωγοί μέσα στη γραμμή των σωλήνων και να γίνουν οι συνδέσεις, ώστε να υπάρχει αρχή και τέλος της γραμμής.
3. Συνδέστε το ελαστικό καλώδιο του μαγειρείου του Εργαστηρίου στο κουτί συνδέσεως. Να γίνει έλεγχος της όλης συνδεσμολογίας από τον καθηγητή και με την έγκρισή του να τροφοδοτηθή η συσκευή από το δίκτυο της ΔΕΗ.
4. Για μια κουζίνα ισχύος 7,5 KW τι διατομής αγωγό θα χρησιμοποιήσουμε;



**Σχ. 30.a.**

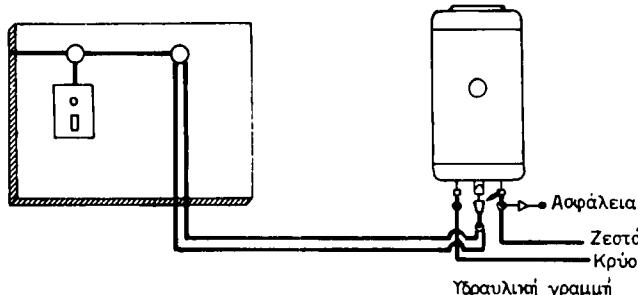
## ΑΣΚΗΣΗ 31

### 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 διακόπτει και τους δύο πόλους της γραμμής για ασφάλεια. Επίσης υπάρχει και ενδεικτική λυχνία. Η διατομή των αγωγών 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 αγωγό, που γεφυρώνει τους σωλήνες του ζεστού και κρύου νερού καθώς και το μεταλλικό μέρος της συσκευής. Ο πίνακας χειρισμού του θερμοσίφωνα πρέπει να είναι οπωσδήποτε 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 κανονίσμό 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 αγωγοί μέσα στη γραμμή των σωλήνων και να γίνουν οι σχετικές συνδέσεις.

3. Συνδέστε το θερμοσίφωνα του Εργαστηρίου στην έξοδο της καλωδιώσεως της πινακίδας σας, ζητείστε τον έλεγχο του καθηγητή σας και με την έγκρισή του τροφοδοτείστε την όλη κατασκευή από το δίκτυο της ΔΕΗ.

4. Ποια πρέπει να είναι η ισχύς θερμαντικού στοιχείου ενός θερμοσίφωνα για να ζεσταίνει αυτός 80 λίτρα νερού κατά 50°C σε μία ώρα, όταν λειτουργεί με βαθμό αποδόσεως 80%. Επίσης ποια πρέπει να είναι η διατομή των αγωγών συνδέσεως του θερμοσίφωνα και η ασφάλεια αυτών όταν λειτουργεί στο δίκτυο της πόλεως;

---

## ΑΣΚΗΣΗ 32

### ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ ΠΗΝΙΟΥ

**Μεταβολή της αυτεπαγωγικής αντιστάσεως με τη συχνότητα.**

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, στο χώρο, που τον περιβάλλει, αναπτύσσεται μαγνητικό πεδίο. Εάν το ρεύμα στον αγωγό είναι συνεχές, το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερό. Εάν το ρεύμα είναι εναλλασσόμενο, τότε και το πεδίο είναι εναλλασσόμενο και οι μεταβολές του ακολουθούν τις μεταβολές του ρεύματος.

Ισχύει επίσης και το αντίστροφο φαινόμενο. Εάν δηλαδή ένας αγωγός βρεθεί στο χώρο ενός μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου, αναπτύσσεται σ' αυτόν μια ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ), μεταβαλλόμενη στο ρυθμό μεταβολής του μαγνητικού πεδίου, που την προκάλεσε. Το φαινόμενο αυτό, της αναπτύξεως δηλαδή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως σε ένα αγωγό, όταν αυτός βρίσκεται σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (**ΗΕΔ από επαγωγή**), ονομάζεται **επαγωγικό φαινόμενο**.

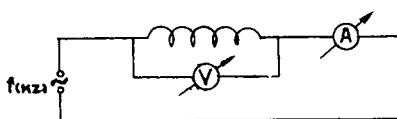
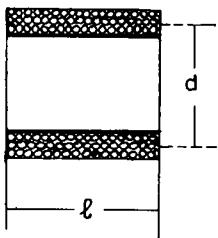
Εάν τώρα ένας αγωγός τυλιχθεί σε σπείρες, ώστε να αποτελέσει ένα **πηνίο**, και εφαρμοσθεί στα άκρα του εναλλασσόμενη τάση, θα κυκλοφορήσει σ' αυτόν εναλλασσόμενο ρεύμα εντάσεως (I) και ταυτόχρονα θα αναπτυχθεί γύρω του εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Το πεδίο αυτό θα επιδρά σε κάθε αγωγό που βρίσκεται στον περιβάλλοντα χώρο. Επομένως θα επηρεάζει και το ίδιο το πηνίο, που προκάλεσε το πεδίο. Δηλαδή θα εμφανίζεται στο πηνίο μια ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) «**από επαγωγή**», που τώρα θα είναι **ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή**, μια και θα προκαλείται από το πεδίο, το οποίο δημιούργησε το ίδιο το πηνίο. Αυτή η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή είναι αντίθετη προς την τάση, που εφαρμόσθηκε στο πηνίο.

Το δεύτερο αυτό φαινόμενο, της επιδράσεως δηλαδή του μαγνητικού πεδίου επάνω στο (διο το πηνίο, που δημιούργησε το πεδίο και της γενέσεως ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως στο πηνίο, καλείται **αυτεπαγωγικό φαινόμενο**.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή, που είναι αντίθετη, όπως αναφέρθηκε προς την τάση της πηγής που εφαρμόσθηκε στο πηνίο, περιορίζει την ένταση του αρχικού ρεύματος (I) του πηνίου, με την προβολή μιας αντιστάσεως (άσχετης προς την ωμική του αντίσταση) στην κυκλοφορία του. Αυτή η αντίσταση λέγεται **αυτεπαγωγική αντίσταση** και παρουσιάζεται μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Συμβολίζεται με ( $X_L$ ) και μετρείται σε Ωμ. Η τιμή της εξαρτάται από τη συχνότητα του ρεύματος, που κυκλοφορεί στο κύκλωμα, και από τα στοιχεία του πηνίου, δηλαδή: **τον αριθμό των σπειρών (N)**, το μήκος (l) και την διάμετρό του (d), δηλαδή

από το **συντελεστή αυτεπαγωγής** 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 αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) σε ωμ ενός πηνίου, το οποίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής ( $L$ ) σε ανρύ (henry, σύμβολον H), στη συχνότητα ( $f$ ) εκφρασμένη σε hertz (σύμβολον Hz).



Σχ. 32.β.

Σχ. 32.α.

Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι η ( $X_L$ ) είναι ανάλογη προς τη συχνότητα ( $f$ ). Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσεως, που εφαρμόζεται στο πηνίο, τόσο η αυτεπαγωγική αντίσταση αυξάνεται.

Η τιμή της ( $X_L$ ) μπορεί να βρεθεί, σε ένα κύκλωμα όπως το επόμενο, από τη σχέση:

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

εφ' 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 αυτεπαγωγική αντίστασή του.) (σχ. 32.β.).

Η αυτεπαγωγή ( $L$ ) ενός πηνίου (σε ανρύ) υπολογίζεται από την αυτεπαγωγική 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 εφ' όσον είναι γνωστά τα ( $X_L$ ) και ( $f$ ).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το προηγούμενο κύκλωμα. Το πηνίο να τροφοδοτηθεί από ταλαντωτή μεταβαλλόμενης συχνότητας. Ο ταλαντωτής αυτός είναι μια 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. Να ρυθμισθεί ο ταλαντωτής, ώστε να παρέχει τη συχνότητα των 10 kHz και να μετρηθεί η τάση εξόδου 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 αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) του πηνίου για τη συχνότητα των 10 kHz.

4. Με γνωστά τη συχνότητα (f) και την αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) να υπολογισθεί η αυτεπαγωγή (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 (διες 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 (βολτ)										
I (mA)										
$X_L = \frac{V}{I}$ ( $\Omega$ )										

7. Ποια η επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην αυτεπαγωγική αντίσταση του πηνίου;

8. Να υπολογισθεί η αυτεπαγωγή (L) του πηνίου και για τις συχνότητες 5 kHz και 1 kHz. Ποια η επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην αυτεπαγωγή του πηνίου;

9. Ποια η περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων, που καλύπτει ο ταλαντωτής της ασκήσεως;

## ΑΣΚΗΣΗ 33

### ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Μια ωμική αντίσταση περιορίζει την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα, στο οποίο είναι συνδεμένη. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Μια αυτεπαγωγή (ένα πηνγό), όταν συνδεθεί σε κύκλωμα, που τροφοδοτείται από πηγή συνεχούς τάσεως, παρουσιάζει μια μικρή αντίσταση, που είναι η ωμική αντίσταση του σύρματος, με το οποίο είναι κατασκευασμένο το πηνίο. Αν όμως το ίδιο πηνίο τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενη τάση, παρουσιάζει τότε πολύ μεγαλύτερη αντίσταση, από εκείνη που παρουσιάζει όταν η τάση ήταν συνεχής.

Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως και στην προηγούμενη άσκηση αναπτύθηκε στο εναλλασσόμενο ρεύμα εμφανίζεται στο πηνίο μια ηλεκτρεγερτική δύναμη από αυτεπαγωγή, η οποία έχει την ιδιότητα να αντιτίθεται σε οποιαδήποτε μεταβολή του ρεύματος, που το διαρρέει. Αυτή η αντίθεση στις μεταβολές του ρεύματος είναι η βασική και κύρια ιδιότητα ενός πηνίου και χαρακτηρίζει την αυτεπαγωγή του.

Μονάδα μετρήσεως της αυτεπαγωγής είναι το ανρύ (henry, σύμβολον H), που έχει υποπολλαπλάσια το pH (μιλλιανρύ χιλιοστό του H) και το μH (μικροανρύ, εκατομμυριόστο του H).

Όλα τα πηνία στο εναλλασσόμενο ρεύμα, εκτός από την ωμική αντίσταση του σύρματος (που μπορεί να μετρηθεί με ωμόμετρο), παρουσιάζουν και **αυτεπαγωγική αντίσταση**. Η αυτεπαγωγική αντίσταση εμφανίζεται μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα, μετρείται σε ωμ, συμβολίζεται με ( $X_L$ ) και δίνεται από τη σχέση:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

όπου: (π) είναι μια σταθερή ίση με 3,14, (f) είναι η συχνότητα της πηγής σε Hz, και (L) είναι η αυτεπαγωγή του πηνίου σε H.

Η προηγούμενη σχέση της αυτεπαγωγικής αντιστάσεως δείχνει ότι:

α) Για το συνεχές ρεύμα, όπου  $f = 0$ , η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) ενός πηνίου είναι μηδέν. Δηλαδή, το πηνίο σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρουσιάζει μόνο την ωμική αντίσταση (R) του σύρματος, από το οποίο είναι κατασκευασμένο.

β) Για το εναλλασσόμενο ρεύμα, η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) ενός πηνίου γίνεται μεγαλύτερη, όταν η συχνότητα (f) αυξάνεται. Το φαινόμενο της αυξήσεως της ( $X_L$ ) με τη συχνότητα (f) εξετάσθηκε στην προηγούμενη άσκηση.

Ο νόμος του Ωμισχύει επίσης στα κυκλώματα με αυτεπαγωγική αντίσταση και εκφράζεται στην περίπτωση αυτή από τη σχέση:

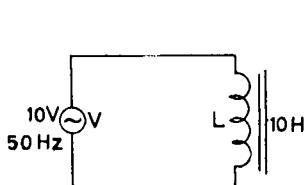
$$I = \frac{V}{X_L}$$

Η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) δεν μπορεί να μετρηθεί με ωμόμετρο (μια μέθοδος μετρήσεως της εξετάσθηκε στην προηγούμενη άσκηση).

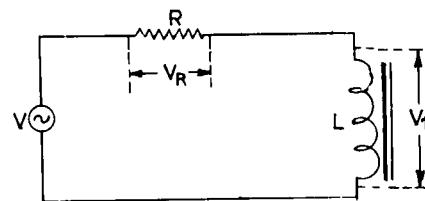
Στο κύκλωμα του σχήματος 33.α ως παράδειγμα, ένα πηνίο αυτεπαγωγής  $L = 10 \text{ H}$  τροφοδοτείται από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως  $10 \text{ V}$ , συχνότητας  $50 \text{ Hz}$ .

Το ρεύμα που κυκλοφορεί στο κύκλωμα, υπολογίζεται ως εξής:

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{10}{6,28 \times 50 \times 10} = 3,18 \text{ mA}$$



Σχ. 33.α.



Σχ. 33.β.

Εάν τώρα σε σειρά προς το πηνίο συνδεθεί μια ωμική αντίσταση, όπως φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 33.β, το ρεύμα θα είναι οπωσδήποτε μικρότερο από  $3,18 \text{ mA}$ .

Στο κύκλωμα αυτό η ένταση του ρεύματος δίνεται από τη σχέση:

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

όπου ( $Z$ ) είναι η **σύνθετη αντίσταση**, δηλαδή η αντίσταση, που παρουσιάζεται στο κύκλωμα, όταν αυτό έχει σε σειρά τις αντιστάσεις ( $R$ ), ωμική, και ( $X_L$ ), αυτεπαγωγική.

Η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

που δηλώνει ότι οι αντιστάσεις ( $R$ ) και ( $X_L$ ) **δεν προσθέτονται αριθμητικά αλλά γεωμετρικά**.

Το διάγραμμα του σχήματος 33.γ δείχνει τον τρόπο της γεωμετρικής προσθέσεως.

Επίσης στο κύκλωμα αυτό με τα στοιχεία ( $R$ ) και ( $X_L$ ) σε σειρά ισχύουν για τις τάσεις τα ακόλουθα:

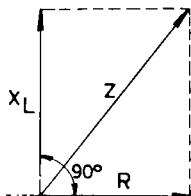
Η τάση ( $V_L$ ) στα άκρα του ( $L$ ) είναι:

$$V_L = \frac{X_L}{Z} \cdot V$$

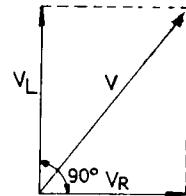
Η τάση ( $V_R$ ) στα άκρα της (R) είναι:

$$V_R = \frac{R}{Z} \cdot V$$

Οι τάσεις αυτές (ππώσεις τάσεως στα άκρα των R και ( $X_L$ ) προσθέτονται επίσης για ωμετρικά, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 33.δ.



Σχ. 33.γ.



Σχ. 33.δ.

Εάν είναι γνωστή η τάση ( $V_L$ ) στα άκρα του πηνίου ή η τάση (V) της πηγής και μετρηθεί η ένταση του ρεύματος, μπορούν να υπολογισθούν οι αντιστάσεις ( $X_L$ ) και (Z) από τις εξής σχέσεις:

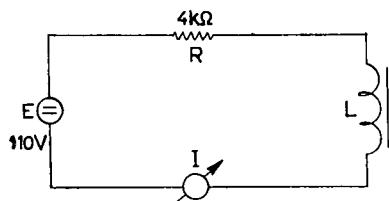
$$X_L = \frac{V_L}{I} \quad \text{καὶ} \quad Z = \frac{V}{I}$$

Επίσης η αυτεπαγωγή ενός πηνίου μπορεί να βρεθεί, εφ' όσον είναι γνωστή η αυτεπαγωγική του αντίσταση ( $X_L$ ), από τη σχέση:

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} \quad \text{όπου } (X_L = \omega L).$$

### ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 33.ε. Να εφαρμοσθεί συνεχής τάση 110 V, να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος σ' αυτό και να υπολογισθεί η ολική του αντίσταση.



Σχ. 33.ε.

2. Το παραπάνω κύκλωμα να τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενη τάση  $110\text{ V}$  και να υπολογισθεί πάλι η ολική του αντίσταση (σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος).

**Προσοχή!** Το αμπερόμετρο στην περίπτωση 1 είναι συνεχούς, ενώ στην 2 είναι εναλλασσόμενου ρεύματος.

3. Να συγκριθούν και σχολιασθούν τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων.

4. Στο ίδιο κύκλωμα, όταν τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση, να μετρηθούν οι τάσεις ( $V_R$ ), στα άκρα της αντιστάσεως ( $R$ ), και ( $V_L$ ), στα άκρα του πηνίου.

5. Από τη τάση που μετρήθηκε ( $V_R$ ) και την τιμή της αντιστάσεως ( $R$ ) να υπολογισθεί η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα. Το αποτέλεσμα να συγκριθεί με την προηγούμενη ένδειξη του αμπερομέτρου.

6. Να συνδεσμολογηθεί η αντίσταση ( $R$ ), να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος ( $I$ ) και να υπολογισθεί η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) του πηνίου.

7. Να αντικατασταθεί το πηνίο με μια αντίσταση ( $R$ ) (ση με την ( $X_L$ ) σε ωμ. Να ληφθούν μετρήσεις, όπως ορίζουν οι περιπτώσεις 1 και 2 και να γίνουν συγκρίσεις και σχόλια, όπως και στην περίπτωση 3.

8. Με γνωστή την ( $X_L$ ) να υπολογισθεί η αυτεπαγωγή ( $L$ ) του πηνίου από τη σχέση:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L.$$


---

## ΑΣΚΗΣΗ 34

### ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΕΠΑΓΩΓΗ

**Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή** ονομάζεται το φαινόμενο της αναπτύξεως τάσεως σε ένα κύκλωμα (συνήθως σε ένα πηνίο κυκλώματος), όταν η μαγνητική ροή στο κύκλωμα αυτό μεταβάλλεται. Στην άσκηση 32 αναφέρεται η θεωρία περί ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και πρέπει ο μαθητής να τη μελετήσει εκεί.

Ανάπτυξη τάσεως (ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως) από επαγωγή παρουσιάζεται στις εξής τρεις περιπτώσεις:

1. Όταν ένας μόνιμος μαγνήτης ή ηλεκτρομαγνήτης κινείται στην περιοχή ενός σταθερού πηνίου. Στα άκρα του πηνίου εμφανίζεται τότε ΗΕΔ από επαγωγή, η οποία διαπιστώνεται εύκολα από την κυκλοφορία ρεύματος σε ένα αμπερόμετρο, που είναι συνδεμένο στα άκρα του πηνίου.

2. Όταν ένα πηνίο κινείται ή περιστρέφεται μέσα σε περιοχή σταθερού μαγνητικού πεδίου.

3. Όταν ένα σταθερό (ακίνητο) πηνίο βρεθεί κοντά σε ένα δεύτερο επίσης σταθερό πηνίο, που όμως διαρρέεται από ρεύμα μεταβαλλόμενης εντάσεως.

Η τελευταία περίπτωση αναφέρεται και ως **αμοιβαία επαγωγή**, γιατί από τη στιγμή, κατά την οποία στο πρώτο πηνίο εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή, αυτό θα δράσει ως πηγή για το δεύτερο και θα το επηρεάζει επαγωγικά, όπως το δεύτερο πηνίο επηρέασε το πρώτο.

Ο νόμος του Λεντζ (Lenz) ή νόμος της επαγωγής λέει για τα φαινόμενα αυτά: **Η φορά του ρεύματος, που προκαλεί η από επαγωγή τάση σε ένα κύκλωμα (επαγωγικό ρεύμα), είναι τέτοια, ώστε το μαγνητικό πεδίο, που παράγεται από το ρεύμα αυτό, να αντιτίθεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής του κυκλώματος.**

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Στα άκρα ενός πηνίου να συνδεθεί ένα ευαίσθητο μικροαμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος, όπως δείχνει το σχήμα 34.a. Ένα γαλβανόμετρο με την ένδειξη μηδέν στο μέσο της κλίμακας εξυπηρετεί καλύτερα το πείραμα. Κοντά στο πηνίο να κινηθεί ένας μόνιμος μαγνήτης κατά τη φορά του ενός ή του άλλου βέλους και να παρατηρηθεί η ένδειξη του οργάνου.

2. Να επαναληφθεί η κίνηση του μαγνήτη, με αλλαγμένη όμως πολικότητα (αλλαγή των πόλων του μαγνήτη) και να παρατηρηθεί πάλι η ένδειξη του οργάνου.

3. Τα ζητούμενα στις δύο προηγούμενες ερωτήσεις να επαναληφθούν με ταχύτερες όμως κινήσεις του μαγνήτη. Να παρατηρηθούν οι ενδείξεις του οργάνου

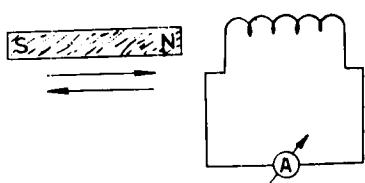
και να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για την πολικότητα, όσο και για το πλάτος της αναπτυσσόμενης κάθε φορά τάσεως από επαγωγή στο πηνίο.

4. Να επαναληφθούν οι μετρήσεις και των τριών προηγουμένων περιπτώσεων με πηνίο περισσοτέρων σπειρών. Τα αποτελέσματα να συγκριθούν με εκείνα των τριών προηγουμένων περιπτώσεων και να εξαχθούν συμπεράσματα.

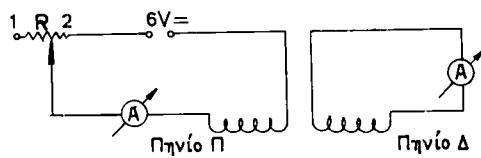
5. Οι (ίδιες) μετρήσεις να επαναληφθούν, αφου προηγούμενα τοποθετηθεί σιδηροπυρήνας στα πηνία. Να συγκριθούν επίσης τα αποτελέσματα όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

6. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 34.β.

Με το ροοστάτη ( $R$ ) σε μια σταθερή θέση να σημειωθεί εάν υπάρχει ένδεικη ρεύματος στο πηνίο ( $\Delta$ ).



Σχ. 34.α.



Σχ. 34.β.

7. Να ληφθούν, έστω και κατά προσέγγιση, μετρήσεις των ενδείξεων του οργάνου στο πηνίο ( $\Delta$ ) για ποικίλα δρια μεταβολής της εντάσεως του μεταβαλλόμενου ρεύματος στο πηνίο ( $\Pi$ ). Οι μεταβολές του ρεύματος επιτυγχάνονται με μεταβολή της αντιστάσεως του ροοστάτη ( $R$ ) (κίνηση από το 1 προς το 2), με τον (ίδιο πάντοτε ρυθμό.

8. Ακολούθως να παρατηρηθεί η βελόνα του οργάνου, όταν η κινητή επαφή του ροοστάτη κινείται με μεγάλη ταχύτητα από το 1 προς το 2 και αντίστροφα. Να εξηγηθεί το φαινόμενο.

9. Να αλλαχθεί η πολικότητα της πηγής και να επαναληφθεί η εργασία της προηγούμενης περιπτώσεως. Να παρατηρηθεί και δικαιολογηθεί η επίδραση της αλλαγής αυτής στις ενδείξεις.

10. Οι μετρήσεις της περιπτώσεως 7 να επαναληφθούν με το πηνίο ( $\Delta$ ) σε μεγαλύτερη απόσταση. Να δικαιολογηθούν οι ενδείξεις του οργάνου.

11. Αν στο πηνίο ( $\Pi$ ) εφαρμόζονταν εναλλασσόμενη τάση, θα ίσχυε ο προηγούμενος τρόπος εργασίας; Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

12. Στην περίπτωση 1, αν ο μαγνήτης παραμείνει ακίνητος και κινείται το πηνίο κοντά του, θα εμφανισθεί τάση από επαγωγή; Να εξηγηθεί θεωρητικά η απάντηση και σε συνέχεια να γίνει προσπάθεια πειραματικής επαληθεύσεως.

13. Στην περίπτωση 6, αν το πηνίο ( $\Delta$ ) ήταν «ανοικτό» (δεν ήταν συνδεμένο το όργανο), θα εμφανίζονταν τάση από επαγωγή στα άκρα του;

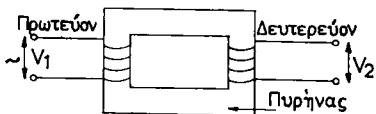
14. Ποιός ο νόμος του Λέντς;

## ΑΣΚΗΣΗ 35

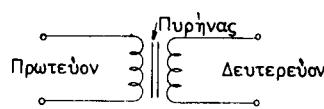
### ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρικές συσκευές χωρίς περιστρεφόμενα μέρη, που χρησιμοποιούνται για τον υποβιβασμό ή την ανύψωση μιας εναλλασσόμενης τάσης. Με τον μετασχηματιστή μπορεί να ανυψωθεί ή να υποβιβασθεί μια τάση, αντίστοιχα όμως θα υποβιβάζεται ή θα αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, που ο μετασχηματιστής παρέχει έτσι, ώστε το γινόμενο  $V \cdot I = P$  να παραμένει σχεδόν σταθερό.

Ένας απλός μετασχηματιστής αποτελείται από σιδηροπυρήνα, γύρω από τον οποίο είναι τυλιγμένα σε μονώσεις, μονωμένα μεταξύ τους και από τον πυρήνα, τουλάχιστο δύο τυλίγματα (πηνία), όπως φαίνονται στο σχήμα 35.α.



Σχ. 35.α.



Σχ. 35.β.

Το ένα από τα δύο τυλίγματα συνδέεται στην πηγή και λέγεται **πρωτεύον τύλιγμα** το δε άλλο, που λέγεται **δευτερεύον τύλιγμα**, παρέχει την επιθυμητή τάση για την τροφοδότηση ενός συγκεκριμένου φορτίου.

Οι μετασχηματιστές, όπως έχει αναφερθεί, εργάζονται μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα και η λειτουργία τους στηρίζεται στο επαγγειακό φαινόμενο.

Στο συνεχές ρεύμα, όχι μόνο δεν εργάζονται, αλλά αν κατά λάθος συνδεθούν, θα καταστραφούν (θα καούν), γιατί, όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες ασκήσεις, τα τυλίγματά τους (πηνία) παρουσιάζουν πολύ μικρή αντίσταση στο συνεχές ρεύμα.

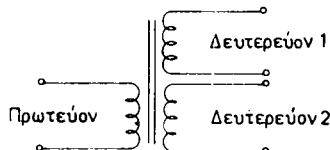
Θεωρητικά οι μετασχηματιστές συμβολίζονται όπως δείχνει το σχήμα 35.β.

Όταν τα δευτερεύοντα τυλίγματα είναι περισσότερα από ένα, συμβολίζονται ως εξής (σχ. 35.γ):

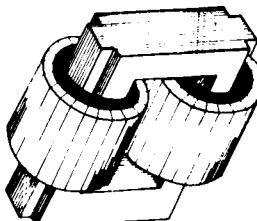
Στην περίπτωση μετασχηματιστή με δύο δευτερεύοντα τυλίγματα, το δευτερεύον με τις περισσότερες σπείρες (εφ' όσον είναι περισσότερες από τις σπείρες του πρωτεύοντος) λέγεται και **δευτερεύον ψηλής τάσεως** (Y.T.), το δε άλλο με τις ολιγότερες λέγεται **δευτερεύον χαμηλής τάσεως** (X.T.).

Η πρακτική όψη μικρών μονοφασικών μετασχηματιστών ισχύος φαίνεται στα σχήματα 35.δ και 35.ε.

Όταν μια τάση εφαρμοσθεί στα άκρα του πρωτεύοντος τυλίγματος, προκαλεί την κυκλοφορία ρεύματος σ' αυτό. Με την κυκλοφορία ρεύματος εμφανίζεται γύρω από το πρωτεύον ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, που επιδρά στο δευτερεύον ή στα δευτερεύοντα τυλίγματα, στα οποία αναπτύσσεται τάση από επαγωγή.

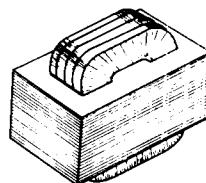


Σχ. 35.γ.



Σχ. 35.δ.

Μετασχηματιστής πλαισίου



Σχ. 35.ε.

Μετασχηματιστής μανδύα.

Η σχέση μεταξύ της τάσεως που επάγεται στο δευτερεύον ( $E_2$ ) και της εφαρμοζόμενης στα άκρα του πρωτεύοντος ( $E_1$ ) εξαρτάται από τον λόγο των σπειρών (ή το λόγο μετασχηματισμού) π και είναι:

$$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

όπου ( $N_1$ ) είναι ο αριθμός σπειρών του πρωτεύοντος και ( $N_2$ ) είναι ο αριθμός σπειρών του δευτερεύοντος τυλίγματος.

Εάν  $n = 1$ , δηλαδή αν είναι ίσος ο αριθμός των σπειρών στα δύο τυλίγματα, τότε στο πρωτεύον, και στο δευτερεύον επικρατεί ίδια τάση. Μετασχηματιστές με λόγο σπειρών 1 δεν είναι συχνοί και χρησιμοποιούνται απλώς για να απομονώνουν ένα κύκλωμα (π.χ. για να απομονώνουν μία κατανάλωση από άμεση ηλεκτρική επαφή με μια πηγή).

Εάν  $n > 1$  (δηλαδή  $N_1 > N_2$ ), το πρωτεύον τύλιγμα έχει περισσότερες σπείρες από το δευτερεύον και ο μετασχηματιστής είναι υποβιβαστής τάσεως.

Εάν τέλος  $n < 1$  (δηλαδή  $N_1 < N_2$ ), ο μετασχηματιστής είναι ανυψωτής τάσεως, εφ' όσον το δευτερεύον τύλιγμα έχει περισσότερες σπείρες.

Όταν το δευτερεύον τύλιγμα τροφοδοτεί με ρεύμα μια κατανάλωση, ο λόγος του ρεύματος, που κυκλοφορεί στο πρωτεύον προς το ρεύμα του δευτερεύοντος,

είναι αντιστρόφως ανάλογος του λόγου των σπειρών και επομένως και του λόγου των τάσεων. Δηλαδή:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{n}$$

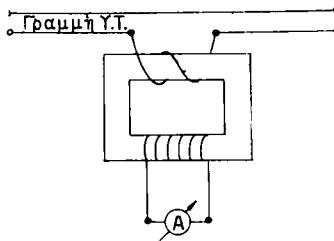
Όταν ο μετασχηματιστής συνδέεται για να «προσαρμόσει» δύο διαφορετικές αντιστάσεις, πράγμα που συμβαίνει συχνά σε ραδιοτεχνικά κυκλώματα, ισχύει η σχέση:

$$Z_1 = n^2 \cdot Z_2$$

όπου ( $Z_1$ ) είναι η σύνθετη αντίσταση της πηγής, που τροφοδοτεί το πρωτεύον, και ( $Z_2$ ) η σύνθετη αντίσταση του φορτίου.

Τα παραπάνω ισχύουν για όλα τα είδη των μετασχηματιστών ισχύος, μονοφασικών και τριφασικών. Οι μικροί μονοφασικοί μετασχηματιστές ισχύος, που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε οικιακές ηλεκτρολογικές και ηλεκτρονικές συσκευές, λέγονται και μετασχηματιστές τάσεως. Μετασχηματιστές τάσεως εξ αλλού είναι και οι μετασχηματιστές των δικύων ψηλών τάσεων της ΔΕΗ, αλλά επειδή αυτοί τροφοδοτούν μεγάλες καταναλώσεις (παρέχουν μεγάλες ισχείς), λέγονται μετασχηματιστές ισχύος.

Σε διάφορες ηλεκτρολογικές μετρήσεις της πράξεως, π.χ. στις μετρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, που η ΔΕΗ πουλάει σε εργοστάσια τροφοδοτούμενα με ψηλή τάση, υπάρχει ανάγκη υποβιβασμού της τάσεως κατά ένα τελείως καθορισμένο ποσοστό έτσι, ώστε η μέτρηση αυτή να μπορεί να γίνεται ακίνδυνα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικής κατασκευής μετασχηματιστές, που ονομάζονται **μετασχηματιστές τάσεως**.



Σχ. 35.στ.

Εκτός από τους μετασχηματιστές τάσεως για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται και οι **μετασχηματιστές εντάσεως**. Οι μετασχηματιστές εντάσεως κατασκευάζονται, για να εξυπηρετούν σε συγκεκριμένες μόνο μετρήσεις. Το πρωτεύον τους έχει λίγες μόνο σπείρες από σύρμα μεγάλης διατομής, συνδέεται εν σειρά στο κύκλωμα και διαρρέεται από ισχυρά ρεύματα, που δεν μπορούν να μετρηθούν κατ' ευθείαν. Το δευτερεύον, με περισσότερες σπείρες, υποβιβάζει την ένταση του ρεύματος και καθιστά ευχερή τη μέτρησή της.

Μετασχηματιστής εντάσεως συνδεμένος σε κύκλωμα γραμμής Y.T. φαίνεται στο σχήμα 35.στ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

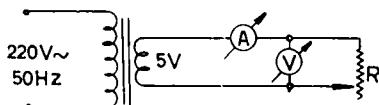
1. Χρησιμοποιώντας ωμόμετρο να προσδιορισθούν τα διάφορα τυλίγματα του μετασχηματιστή της ασκήσεως και να σχεδιασθεί το θεωρητικό σχέδιο του. (Στην άσκηση χρησιμοποιείται μικρός μονοφασικός μετασχηματιστής τάσεως με περισσότερα από ένα δευτερεύοντα τυλίγματα).

2. Να εφαρμοσθεί κατάλληλη τάση στο πρωτεύον (π.χ. τάση 220 V του δικτύου) και να μετρηθούν οι τάσεις των δευτερεύοντων τυλίγματων. (Εάν ο μετασχηματιστής έχει πολλά τυλίγματα και είναι δύσκολο να ορισθεί με το ωμόμετρο το πρωτεύον μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη απλή μέθοδος για την εύρεσή του: Εφαρμόζεται μια μικρή εναλλασσόμενη τάση, π.χ. 5-6 V, σε ένα από τα μικρά (μικρής αντιστάσεως) τυλίγματά του και μετρούνται οι τάσεις των άλλων τυλίγματων, οπότε από το λόγο των τάσεων εύκολα διαπιστώνται ποιό τύλιγμα είναι πρωτεύον).

3. Από τις μετρήσεις των τάσεων της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθεί ο λόγος μετασχηματισμού του μετασχηματιστή για κάθε ένα από τα δευτερεύοντα τυλίγματα σε σχέση προς το πρωτεύον.

4. Εάν οι σπείρες του πρωτεύοντος τυλίγματος του μετασχηματιστή της ασκήσεως είναι 500, πόσες θα είναι οι σπείρες καθενός από τα δευτερεύοντα τυλίγματα;

5. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 35.ζ.



**Σχ. 35.ζ.**

Για διάφορες τιμές της μεταβλητής αντιστάσεως ( $R$ ) να ληφθούν μετρήσεις της τάσεως στα άκρα της και της εντάσεως του ρεύματος στο κύκλωμα του δευτερεύοντος. Να ληφθούν τουλάχιστον 10 ζεύγη τιμών τάσεως-εντάσεως και να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

$R$ ( $\Omega$ )	$V$ (V)	$I$ (A)	$P$ (W)

6. Από τις τιμές τάσεως και εντάσεως του πίνακα της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθεί για κάθε ζεύγος τους, η ισχύς στο δευτερεύοντα και να συμπληρωθεί η τελευταία στήλη του προηγούμενου πίνακα. Ποιά η τιμή της αντιστάσεως ( $R$ ), για την οποία επιτυγχάνεται προσαρμογή ισχύος; (βλέπε άσκηση 20).

7. Να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον τύλιγμα για την κατάσταση προσαρμογής του φορτίου και να υπολογισθεί η ισχύς του πρωτεύοντος.

8. Μετασχηματιστής έχει λόγο μετασχηματισμού  $n = 4$  και τάση πρωτεύοντος  $V_1 = 220$  V. Ποιά η τάση στο δευτερεύον του;

9. Γιατί ο πυρήνας των μετασχηματιστών αποτελείται από λεπτά μεταλλικά φύλλα;

---

## ΑΣΚΗΣΗ 36

### ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΕΣ (ΠΗΝΙΑ) ΕΝ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Σε αρκετές περιπτώσεις παρίσταται ανάγκη συνδέσεως δύο ή περισσοτέρων πηνίων σε σειρά ή παράλληλα μεταξύ τους, ώστε να αποτελέσουν μια αυτεπαγωγή επιθυμητής τιμής σε ένα κύκλωμα.

Η ολική αυτεπαγωγή ( $L$ ) δύο ή περισσοτέρων πηνίων, τα οποία έχουν συνδεθεί σε σειρά, και εφ' όσον δεν υπάρχει σύζευξη μεταξύ τους, δεν έχουν δηλαδή καμιά μαγνητική επίδραση το ένα προς το άλλο, δίνεται από τη σχέση:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_v.$$

Αν τα πηνία συνδεθούν παράλληλα (χωρίς και πάλι να επιδρά μαγνητικά το ένα στο άλλο), η ολική αυτεπαγωγή τους δίνεται από τη σχέση:

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_v}}$$

Όταν τα παράλληλα συνδεμένα πηνία είναι μόνο δύο, η προηγούμενη σχέση, γίνεται:

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι κατά τη σύνδεση αυτεπαγωγών σε σειρά ή παράλληλα ισχύουν τα (δια όπως και σε παρόμοιες συνδέσεις αντιστάσεων, με την προϋπόθεση πάντοτε ότι μεταξύ των συνδεομένων πηνίων δεν υπάρχει καμιά επαγωγική σύζευξη. Όπως αναφέρθηκε και στις ασκήσεις 32 και 33 (Αυτεπαγωγή πηνίου και πηνίο και αντίσταση σε σειρά):

a) Η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) δίνεται από τις σχέσεις:

$$X_L = \frac{V}{I} \text{ και } X_L = 2\pi \cdot f \cdot L.$$

β) Η αυτεπαγωγή ( $L$ ) ενός πηνίου δίνεται από την σχέση:

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$$

( $L$  σε ανρύ,  $f$  σε Hz και  $X_L$  σε ωμ).

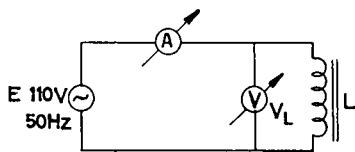
## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 36.α.

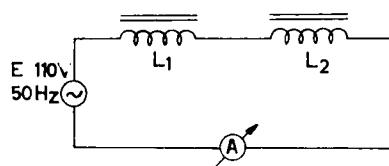
2. Από τις τιμές της τάσεως ( $V_L$ ) στα άκρα του πηνίου και της εντάσεως ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα, να υπολογισθεί η αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) και ακόλουθα να υπολογισθεί η αυτεπαγωγή ( $L$ ) του πηνίου.

3. Η ίδια εργασία να επαναληφθεί και για δεύτερο πηνίο, που δίνεται στην σάκηση αυτή.

4. Από τις τιμές των αυτεπαγωγών των δύο πηνίων ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ), που βρέθηκαν στις προηγούμενες περιπτώσεις, να υπολογισθεί η ολική αυτεπαγωγή ( $L$ ), όταν τα δύο πηνία ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ) θεωρηθούν συνδεμένα σε σειρά.



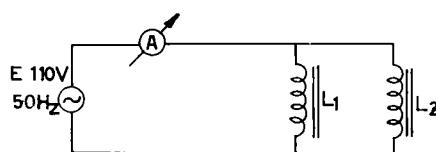
Σχ. 36.α.



Σχ. 36.β.

5. Να συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 36.β με τα πηνία ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ) συνδεμένα σε σειρά. Για να μη υπάρχει επαγωγική σύζευξη μεταξύ των πηνίων, ας τοποθετηθούν αυτά σε κάποια απόσταση μεταξύ τους (π.χ. γύρω στα 20 cm) και έτσι, ώστε οι άξονές τους να είναι κάθετοι.

6. Από τις τιμές της τάσεως και της εντάσεως του ρεύματος να υπολογισθεί η ολική αυτεπαγωγική αντίσταση ( $X_L$ ) των δύο σε σειρά πηνίων και ακολούθως η ολική αυτεπαγωγή τους ( $L$ ), εφ' όσον είναι γνωστή και η συχνότητα. Η τιμή που βρέθηκε της ολικής αυτεπαγωγής να συγκριθεί με εκείνη, που έδωσαν οι υπολογισμοί της περιπτώσεως 4.



Σχ. 36.γ.

7. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 36.γ, με τα δύο πηνία ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ) συνδεμένα παράλληλα.

Τα πηνία τοποθετούνται και πάλι έτσι, ώστε να μη επιδρά επαγωγικά το ένα στο άλλο.

8. Από τις τιμές της τάσεως στα άκρα των πηνίων και της εντάσεως του ρεύματος στο κύκλωμα να υπολογισθούν η ολική αυτεπαγωγική αντίσταση των δύο εν παραλλήλω πηνίων και ακολούθως η ολική αυτεπαγωγή του κυκλώματος.

9. Από τις τιμές των αυτεπαγωγών ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ), που βρέθηκαν στις περιπτώσεις 2 και 3 να υπολογισθεί η ολική αυτεπαγωγή τους ( $L$ ), όταν τα πηνία ( $L_1$ ) και ( $L_2$ ) θεωρηθούν ότι συνδέονται παράλληλα. Να συγκριθεί η τιμή αυτή με την τιμή που βρέθηκε στην περίπτωση 8.

---

## ΑΣΚΗΣΗ 37

### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΥΚΝΩΤΗ

**Μεταβολή της χωρητικής αντιστάσεως με τη συχνότητα.**

Ένας πυκνωτής, στην απλούστερη μορφή, αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες σε μικρή μεταξύ τους απόσταση, που χωρίζονται από μονωτικό υλικό. Οι μεταλλικές πλάκες λέγονται **οπλισμοί**, το δε μονωτικό υλικό λέγεται **διηλεκτρικό**. Τα μονωτικά υλικά, που χρησιμοποιούνται ως διηλεκτρικά είναι: χαρτί μίκα, διάφορα κεραμικά και συνθετικά υλικά, λάδι, ο αέρας και σε μερικές περιπτώσεις ένα λεπτό μονωτικό στρώμα οξειδίου του μετάλλου, που χρησιμοποιείται ως οπλισμός.

Κάθε πυκνωτής χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητά του, δηλαδή την ικανότητα του να συγκρατεί στους οπλισμούς του ηλεκτρικά φορτία. Το μέγεθος της χωρητικότητας καθορίζεται από τις διαστάσεις των οπλισμών, από τη μεταξύ τους απόσταση και από το είδος του διηλεκτρικού του πυκνωτή. Για πυκνωτή με δύο επίπεδους οπλισμούς, η χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$C = 0,884 \cdot \frac{K \cdot S}{l} \text{ εις } \mu\mu F,$$

όπου: (K) μια σταθερή, που εξαρτάται από το υλικό του διηλεκτρικού (διηλεκτρική σταθερή). Για τον αέρα δεχόμαστε ότι K = 1. (S) η επιφάνεια ενός οπλισμού, σε τετραγωνικά εκατοστά ( $\text{cm}^2$ ). (l) η απόσταση μεταξύ των οπλισμών, σε χιλιοστά (mm).

Το 0,884 είναι ένας συντελεστής εξαρτώμενος από τις μονάδες, ώστε η τιμή της χωρητικότητας να βρίσκεται σε  $\mu\mu F$ .

Μονάδα χωρητικότητας είναι το Farad (φαράντ, σύμβολο F). Ένα φαράντ (F) είναι χωρητικότητα τόσο μεγάλη, ώστε δεν συναντάται στην πράξη. Στις εφαρμογές χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια του φαράντ, τα οποία είναι:

a) Το  $\mu F$  (μικροφαράντ) = 1 εκατομμυριοστό του φαράντ.

Δηλαδή:

$$1 \mu F = \frac{1}{10^6} F = 10^{-6} F$$

$$\text{ή } 1 F = 10^6 \mu F$$

β) Το  $\mu\mu F$  ή  $\mu F$  (μικρομικροφαράντ ή πικοφαράντ) = 1 εκατομμυριοστό του  $\mu F$ .

Δηλαδή:

$$1 \text{ } \mu\mu F = \frac{1}{10^6} \text{ } \mu F = \frac{1}{10^{12}} \text{ } F = 10^{-F}$$

$$\text{ή } 1 \text{ } \mu\mu F = 10^{-6} \text{ } \mu F \text{ ή } 1 \text{ } F = 10^6 \text{ } \mu F = 10^{12} \text{ } \mu\mu F$$

Ο πυκνωτής δεν επιτρέπει τη διέλευση συνεχούς ρεύματος στο κύκλωμα, στο οποίο είναι συνδεμένος. 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 Ωμ.

Η χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) σε  $\Omega$ , που προβάλλει ένας πυκνωτής χωρητικοτητας ( $C$ ), σε  $F$ , σε εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας ( $f$ ), σε Hz, δίνεται από τη σχέση:

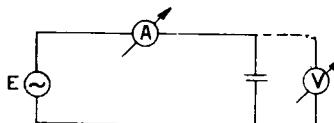
$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

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 η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος, που τον διαρρέει, όπως φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 37.a.



Σχ. 37.a.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το προηγούμενο κύκλωμα. Ως πηγή να χρησιμοποιηθεί ταλαντωτής που παρέχει τάση μεταβαλλόμενης συχνότητας (ταλατωντής χαμηλών συχνοτήτων που παρέχει συχνότητες από 20 Hz ως 20000 Hz, όπως αυτός που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία της ασκήσεως 32).

2. Να ρυθμισθεί ο ταλαντωτής στην συχνότητα 1000 Hz και να μετρηθούν η τάση ( $V$ ) στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα. (Η τάση εξόδου του ταλαντωτή να ρυθμιστεί σε επαρκή τιμή, ώστε να 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 αντιστάσεως ( $X_c$ ) 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
$X_c = \frac{V}{I}$ $I_{(\mu\text{Ampére})}$ $V_{(\text{Volts})}$										

7. Ποια η επίδραση της μεταβολης 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 ασκήσεως;

---

## ΑΣΚΗΣΗ 38

### ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Όταν ένας πυκνωτής διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα, παρουσιάζει μια αντίσταση στη διέλευση του ρεύματος αυτού, η οποία ονομάζεται **χωρητική αντίσταση**. Στο συνεχές ρεύμα ο πυκνωτής εμφανίζει αντίσταση τόσο μεγάλη, ώστε διακόπτει το κύκλωμα, στο οποίο συνδέεται.

Μονάδα της χωρητικής αντίστασεως είναι το Ωμ. Η χωρητική αντίσταση (όπως και η αυτεπαγγική) δεν μπορεί να μετρηθεί με ωμόμετρο. 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:

$$X_C = \frac{I}{\omega \cdot C} = \frac{I}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

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:

$$(Ω) \quad X_C = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad (\Omega)$$

όπου η χωρητικότητα (C) εκφράζεται σε μF και η συχνότητα (f) σε Hz.

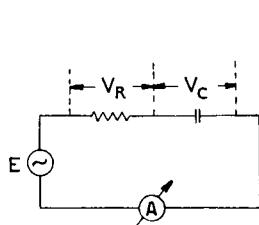
Έτσι, αν π.χ. ένας πυκνωτής χωρητικότητας C = 0,5 μF συνδεθεί σε κύκλωμα τροφοδοτούμενο από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως με συχνότητα 1000 Hz, θα παρουσιάζει χωρητική αντίσταση:

$$X_C = \frac{10^6}{2 \times 3,14 \times 1000 \times 0,5} = \frac{10^6}{3140} = 318,5 \Omega$$

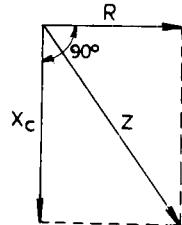
Όταν σε σειρά προς ένα πυκνωτή συνδεθεί και μια ωμική αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα 38.a, και το κύκλωμα τροφοδοτηθεί από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως, θα κυκλοφορήσει σ' αυτό ρεύμα, του οποίου η ένταση θα ορίζεται από τις τιμές των δύο σε σειρά αντιστάσεων (Xc) και (R).

Οι αντιστάσεις όμως αυτές, όπως και στην περίπτωση πηνίου και αντιστάσεως σε σειρά (άσκηση 29), δεν προσθέτονται αριθμητικά, παρά το γεγονός ότι και οι δύο μετρούνται σε ωμ. Προσθέτονται και αυτές γεωμετρικά και το αποτέλεσμα της γεωμετρικής προσθέσεως δίνει τη συνολική σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος.

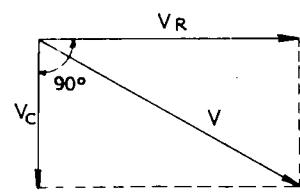
Γεωμετρικά επίσης προσθέτονται και οι τάσεις, που επικρατούν στα άκρα της αντιστάσεως ( $V_R$ ) και του πυκνωτή ( $V_C$ ) και το άθροισμα που παρέχει τη συνολική τάση ( $V$ ), η οποία επικρατεί στα άκρα του όλου κυκλώματος.



Σχ. 38.α.



Σχ. 38.β.



Σχ. 38.γ.

Τα σχήματα 38.β και 38.γ δείχνουν τον τρόπο των γεωμετρικών αυτών προσθέσεων.

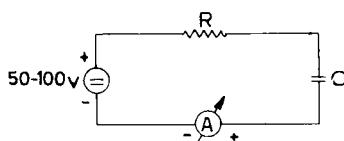
Για τον υπολογισμό της σύνθετης αντιστάσεως ( $Z$ ), όταν είναι γνωστές οι ( $R$ ) και ( $X_C$ ), χρησιμοποιείται η σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

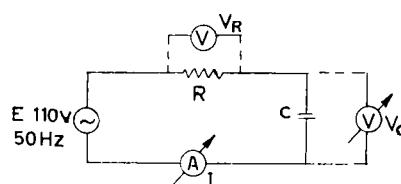
Το διάγραμμα της γεωμετρικής προσθέσεως των ( $X_C$ ) και ( $R$ ) έχει διαφορετικό προσανατολισμό από το διάγραμμα προσθέσεως των ( $X_L$ ) και ( $R$ ). Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι στο πηνίο η τάση προπορεύεται ως προς το ρεύμα κατά  $90^\circ$ , ενώ στον πυκνωτή το ρεύμα προπορεύεται της τάσεως κατά  $90^\circ$ .

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 38.δ. Να εφαρμοσθεί συνεχής τάση 50 ως 100 V και να παρατηρηθεί το εν σειρά αμπερόμετρο (όργανο συνεχούς).



Σχ. 38.δ.



Σχ. 38.ε.

2. Να πραγματοποιηθεί κύκλωμα του σχήματος 38.ε, το οποίο να τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενη τάση 110V/50 Hz.

Το αμπερόμετρο είναι τώρα όργανο εναλλασσόμενου καθώς και το βολτόμετρο. Να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα και η τάση στα άκρα της αντίστασεως και του πυκνωτή.

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθεί η ολική σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος.

4. Από τις τάσεις ( $V_R$ ) και ( $V_C$ ) και από την ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα να υπολογισθεί η ωμική αντίσταση ( $R$ ) και η χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ).

5. Από τις τιμές των ( $R$ ) και ( $X_C$ ) να υπολογισθεί πάλι η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος από τη σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

και να συγκριθεί προς αυτήν που βρέθηκε στην περίπτωση 3.

6. Να υπολογισθεί η χωρητικότητα ( $C$ ) του πυκνωτή από τη χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) και από τη συχνότητα ( $f$ ) της τάσεως που εφαρμόσθηκε.

7. Να συνδεθεί πυκνωτής μεγαλύτερης χωρητικότητας σε σειρά προς την αντίσταση, να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος και να υπολογισθεί η ολική σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος.

8. Να βραχυκυκλωθεί η αντίσταση ( $R$ ), να μετρηθεί η νέα ένταση του ρεύματος στον πυκνωτή και να υπολογισθεί η ( $X_C$ ) και η ( $C$ ) αυτού.

9. Να συγκριθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και υπολογισμών στίς δύο περιπτώσεις με τους διαφορετικούς πυκνωτές.

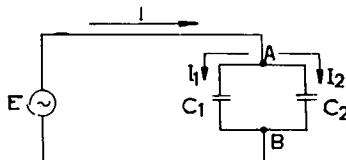
---

### ΑΣΚΗΣΗ 39

#### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ (ΠΥΚΝΩΤΕΣ) ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΚΑΙ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Όπως συμβαίνει με τις αντιστάσεις και τα πηνία, παρίσταται πολλές φορές ανάγκη να συνδεθούν μεταξύ τους δύο ή περισσότεροι πυκνωτές παράλληλα ή σε σειρά ή και κατά μικτή σύνδεση, ώστε να προκύψει μια συνολική χωρητικότητα επιθυμητής τιμής σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στο σχήμα 39.a δύο πυκνωτές ( $C_1$ ) και ( $C_2$ ) συνδέονται παράλληλα.



Σχ. 39.a.

Στα άκρα τους (σημεία Α και Β) επικρατεί η ίδια τάση, που είναι και η τάση της πηγής. Το ολικό ρεύμα ( $I$ ) του κυκλώματος διακλαδίζεται σε δύο ρεύματα ( $I_1$ ) και ( $I_2$ ) στους δύο πυκνωτές ( $C_1$ ) και ( $C_2$ ). Η πηγή είναι σα να τροφοδοτεί ένα πυκνωτή με χωρητικότητα ισοδύναμη προς τη χωρητικότητα των πυκνωτών που συνδέονται παράλληλα. Η ισοδύναμη αυτή χωρητικότητα ( $C$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$C = C_1 + C_2$$

Όταν πρόκειται για περισσότερους πυκνωτές συνδεμένους παράλληλα, η ισοδύναμη χωρητικότητα θα είναι:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Γενικά, όταν δύο ή περισσότεροι πυκνωτές συνδέονται παράλληλα, η ολική χωρητικότητα ισούται προς το άθροισμα των χωρητικοτήτων τους.

Αν οι δύο πυκνωτές του προηγούμενου παραδείγματος συνδεθούν σε σειρά, η ολική χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Στην περίπτωση αυτή η ολική χωρητικότητα γίνεται μικρότερη και από τη μικρότερη χωρητικότητα των πυκνωτών που είναι σε σειρά.

Όταν μια εναλλασσόμενη τάση εφαρμοσθεί στα áκρα πυκνωτών που συνδέονται σε σειρά, οι πυκνωτές αποτελούν τότε ένα διαιρέτη τάσεως, που λειτουργεί (μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα βέβαια) όπως οι διαιρέτες τάσεως με αντιστάσεις.

- Το άθροισμα των πτώσεων τάσεως στους πυκνωτές του κυκλώματος ισούται τότε προς την ολική εφαρμοζόμενη τάση στα áκρα του.

Η πτώση της τάσεως στα áκρα ενός πυκνωτή είναι:

$$V_C = X_C \cdot I_C$$

όπου: ( $I_C$ ) είναι το ρεύμα στον πυκνωτή, που για τη σύνδεση σειράς είναι το ίδιο σε όλο το κύκλωμα, και ( $X_C$ ) είναι η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή.

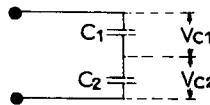
Η χωρητική αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη της χωρητικότητας:

$$\left( X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \right)$$

Συνεπώς όσο μικρότερη είναι η χωρητικότητα ενός πυκνωτή, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η χωρητική του αντίσταση και επομένως μεγαλύτερη η πτώση τάσεως στα áκρα του.

Η σχέση μεταξύ των τάσεων στα áκρα δύο πυκνωτών, που συνδέονται σε σειρά, και των χωρητικοτήτων τους είναι (σχ. 39.β):

$$\frac{V_{C1}}{V_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$$



Σχ. 39.β.

Αν οι πυκνωτές γίνουν τρεις και συνδέονται πάλι σε σειρά, η παραπάνω σχέση επεκτείνεται:

$$\frac{V_{C1}}{V_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{και} \quad \frac{V_{C2}}{V_{C3}} = \frac{C_3}{C_2}$$

Όταν μια πηγή τροφοδοτεί δύο ή περισσότερους πυκνωτές σε σειρά, η σχέση μεταξύ της τάσεως ( $V_C$ ) στα áκρα ενός από τους πυκνωτές χωρητικότητας ( $C$ ) και της τάσεως της πηγής ( $V_n$ ) είναι:

$$\frac{V_C}{V_n} = \frac{C_o}{C}$$

όπου ( $C_o$ ) είναι η ισοδύναμη χωρητικότητα όλων των σε σειρά πυκνωτών.

Από τα παραπάνω συνάγεται το εξής σημαντικό για τις εφαρμογές συμπέρασμα: 'Όταν πυκνωτές συνδεθούν σε σειρά, μπορεί στο όλο κύκλωμα να έφαρμοσθεί τάση ίση προς το άθροισμα των τάσεων, που μπορούσαν να εφαρμοσθούν σε καθένα πυκνωτή χωριστά.'

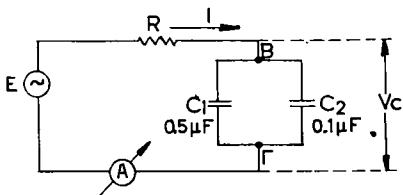
## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Στο κύκλωμα του σχήματος 39.γ να υπολογισθεί η ισοδύναμη χωρητικότητα ( $C_o$ ) των δύο πυκνωτών ( $C_1$  και  $C_2$ ).

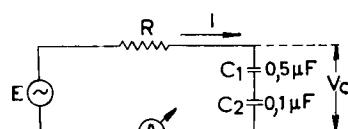
2. Να εφαρμοσθεί τάση εναλλασσόμενη 110 V και να μετρηθούν: η τάση ( $V_C$ ) στα σημεία (B) και (Γ) του κυκλώματος και η ένταση ( $I$ ) του ρεύματος στο κύκλωμα.

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως να υπολογισθεί η ολική χωρητική αντίσταση ( $X_C$ ) του συνδυασμού των δύο πυκνωτών.

4. Με γνωστή την ( $X_C$ ) και τη συχνότητα  $f = 50$  Hz να υπολογισθεί πάλι η ισοδύναμη χωρητικότητα ( $C_o$ ) και να συγκριθεί με αυτήν που βρέθηκε από τον υπολογισμό της περιπτώσεως 1.



Σχ. 39.γ.



Σχ. 39.δ.

5. Να προστεθεί και τρίτος πυκνωτής, χωρητικότητας  $0.2 \mu F$ , παράλληλα προς τους δύο πρώτους και να επαναληφθούν οι προηγούμενες μετρήσεις και υπολογισμοί.

Τα αποτελέσματα όλων των προηγουμένων μετρήσεων και υπολογισμών να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα.

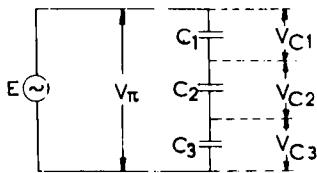
6. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα πυκνωτών σε σειρά του σχήματος 39.δ.

Παράλληλη συνδεσμολογία	$V_C$ (V)	$I_o$ (mA)	$X_C$ ( $\Omega$ )	$C_o$ ( $\mu F$ ) από υπολογισμό	$C_o$ ( $\mu F$ ) από μετρήσεις
Δύο πυκνωτές $C_1$ και $C_2$					
Τρεις πυκνωτές $C_1$ , $C_2$ και $C_3$					

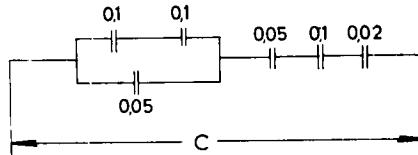
Να γίνουν σ' αυτό όλες οι μετρήσεις και υπολογισμοί, όπως στο παράλληλο κύκλωμα. Να προστεθεί ακόμα και τρίτος πυκνωτής σε σειρά και να επαναληφθούν οι μετρήσεις. 'Όλα τα αποτελέσματα να γραφούν στον επόμενο πίνακα:

Συνδεσμολογία σε σειρά	$V_C$ (V)	$I_o$ (mA)	$X_C$ ( $\Omega$ )	$C_o$ ( $\mu F$ ) από υπολογισμό	$C_o$ ( $\mu F$ ) από μετρήσεις
Δύο πυκνωτές $C_1$ και $C_2$					
Τρεις πυκνωτές $C_1$ , $C_2$ και $C_3$					

7. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 39.ε, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως διαιρέτης τάσεως.



Σχ. 39.ε.



Σχ. 39.στ.

Να ληφθούν μετρήσεις των τάσεων με βολτόμετρο, ώστε να επαληθευθεί η σχέση:

$$V_\pi = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3}$$

8. Να υπολογισθεί η ισοδύναμη χωρητικότητα ( $C_o$ ) του κυκλώματος του σχήματος 39.στ.

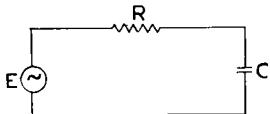
(Όλες οι τιμές των πυκνωτών δίνονται σε  $\mu F$ ).

## ΑΣΚΗΣΗ 40

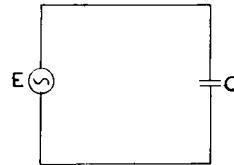
### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΠΗΝΙΟΥ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Μια ωμική αντίσταση παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά είτε συνδεθεί σε κύκλωμα συνεχούς, είτε σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα δεν υπάρχει διαφορά φάσεως μεταξύ της τάσεως που εφαρμόζεται και του ρεύματος, που κυκλοφορεί στην αντίσταση. Γι' αυτό σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, τόσο οι τάσεις στα άκρα των ωμικών αντιστάσεων, όταν αυτές είναι σε σειρά, όσο και οι ωμικές τιμές των αντιστάσεων προσθέτονται αριθμητικά.

Όταν ένας πυκνωτής συνδεθεί σε σειρά με μια αντίσταση και τα δύο στοιχεία τροφοδοτηθούν από πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, όπως στο κύκλωμα του σχήματος 40.α, η σύνθετη αντίσταση των δύο στοιχείων ( $R$ ) και ( $C$ ), όπως μελετήθηκε στην άσκηση 38 ρυθμίζει τη συμπεριφορά του κυκλώματος.



Σχ. 40.α.



Σχ. 40.β.

Το κύκλωμα περιλαμβάνει πηγή ( $E$ ) και χωρητικότητα ( $C$ )

Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή εξαρτάται από την τιμή της χωρητικότητάς του και από τη συχνότητα του ρεύματος στο κύκλωμα. Η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

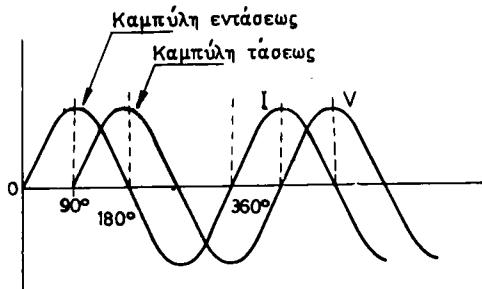
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2 c.}$$

Σε ένα κύκλωμα καθαρά χωρητικής συμπεριφοράς (δηλαδή χωρίς ωμική αντίσταση και μόνο με πυκνωτή χωρίς απώλειες) το ρεύμα προπορεύεται από την τάση κατά  $90^\circ$ . (Παρόμοιο κύκλωμα δεν συναντάται στην πράξη, γιατί κάθε πυκνωτής παρουσιάζει και μια ωμική αντίσταση ή αντίσταση απωλειών).

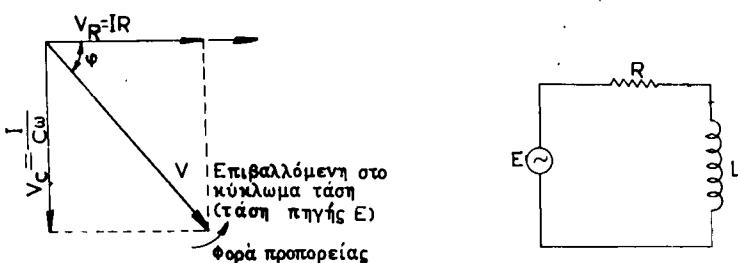
Το κύκλωμα και η προπορεία του ρεύματος φαίνονται στα σχήματα 40.β και 40.γ.

Σε ένα κύκλωμα πυκνωτή και αντιστάσεως σε σειρά το ρεύμα προπορεύεται από την τάση κατά μία γωνία ( $\phi$ ) μικρότερη από  $90^\circ$ . Το διάγραμμα του σχήματος 40.δ δίνει τη φυσική απόκλιση μεταξύ τάσεως και εντάσεως σε ένα τέτοιο κύκλωμα.

Αν σε σειρά με την ωμική αντίσταση αντί για πυκνωτή συνδεθεί ένα πηνίο και τροφοδοτηθούν πάλι αυτά τα δύο στοιχεία ( $R$ ) και ( $L$ ) από πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, όπως μελετήθηκε στην άσκηση 33, η προκύπτουσα ένταση εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση των δύο στοιχείων (σχ. 40.ε).



Σχ. 40.γ.  
Διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως.



Σχ. 40.δ.

Σχ. 40.ε.

Η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Σε ένα κύκλωμα με καθαρά αυτεπαγωγική συμπεριφορά, δηλαδή με πηνίο, που δεν παρουσιάζει ωμική αντίσταση, η τάση προπορεύεται από το ρεύμα κατά  $90^\circ$ . (Παρόμοιο κύκλωμα δεν συναντάται στην πράξη, γιατί κάθε πηνίο παρουσιάζει και μια ωμική αντίσταση του σύρματος, από το οποίο είναι κατασκευασμένο).

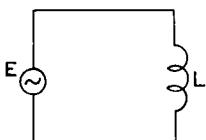
Το κύκλωμα και η προπορεία της τάσεως σ' αυτό φαίνονται στα σχήματα 40.στ, 40.ζ.

Σε οποιοδήποτε κύκλωμα πηνίου και αντιστάσεως σε σειρά το ρεύμα ακολουθεί την τάση κατά μία γωνία μικρότερη από  $90^\circ$ .

Το διάγραμμα του σχήματος 40.η δίνει τη φασική απόκλιση μεταξύ τάσεως και εντάσεως σε κύκλωμα αυτεπαγωγής συμπεριφόρας.

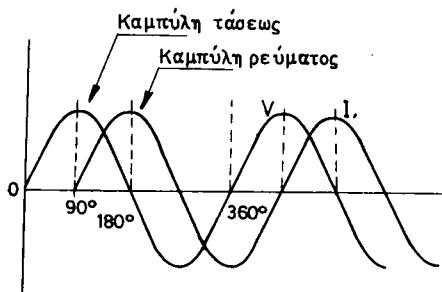
Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι η συμπεριφορά μιας αυτεπαγωγής είναι αντίθετη προς τη συμπεριφορά μιας χωρητικότητας. Αυτή η αντίθετη συμπεριφορά εξηγείται καλύτερα με τα σχήματα 40.θ και 40.ι, τα οποία παριστάνουν το διανυσματικό διάγραμμα των αντιστάσεων ενός κυκλώματος, που περιλαμβάνει μια ωμική αντίσταση, ένα πηνίο και ένα πυκνωτή, όλα συνδεσμολογημένα σε σειρά.

Το αποτέλεσμα της δράσεως ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) (αυτεπαγωγικής και χωρητικής αντιστάσεως) στο παραπάνω διάγραμμα, αφού η ( $X_L$ ) έτυχε να έχει μεγαλύτερη τιμή, είναι σα να δρα στο κύκλωμα μια ( $X_L$ ) ίση με τη διαφορά  $X_L - X_C$ .



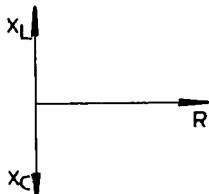
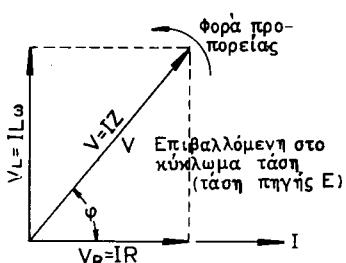
**Σχ. 40.στ.**

Κύκλωμα μέ πηγή ( $E$ ) και κα-  
θαρή αυτεπαγωγή ( $L$ )



**Σχ. 40.ζ.**

Διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως.



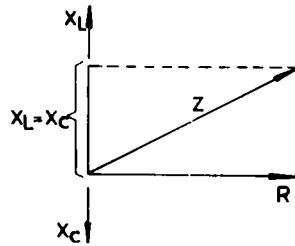
**Σχ. 40.η.**

Το ίδιο βέβαια ισχύει και όταν η ( $X_C$ ) έχει μεγαλύτερη τιμή από την ( $X_L$ ), με τη μόνη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή το αποτέλεσμα, δηλαδή η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος, θα είναι από το κάτω μέρος του διανύσματος της ( $R$ ), οπότε θα είναι σα να δρα στο κύκλωμα μια ( $X_C$ ) ίση με την διαφορά  $X_C - X_L$ .

Η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) ενός κυκλώματος με ( $R$ ), ( $L$ ) και ( $C$ ) βρίσκεται θεωρητικά από τη σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{ή} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$$

Επειδή 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 αντιστάσεως σε κύκλωμα RLC ( $X_L > X_C$ ).

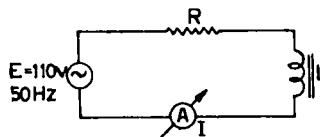
## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 40.ια, με στοιχεία (R) και (L).

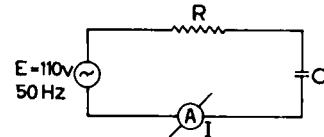
Να μετρηθούν σ' αυτό: η τάση ( $V_R$ ) στα άκρα της (R), η τάση ( $V_L$ ) στα άκρα του πηνίου (L), η τάση της πηγής (E) καθώς και η ένταση (I) του ρεύματος στο κύκλωμα.

2. Επίσης να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 40.ιβ και να μετρηθούν σ' αυτό:

Οι τάσεις (E), ( $V_R$ ) και ( $V_C$ ), καθώς και η ένταση (I) του ρεύματος.



Σχ. 40.ια.



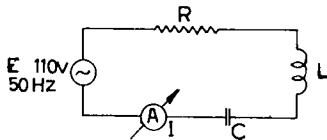
Σχ. 40.ιβ.

Οι ενδείξεις των μετρήσεων να 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 στηλες του προηγούμενου πίνακα.

4. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 40.Iγ και να ληφθούν μετρήσεις των ( $V_R$ ), ( $V_L$ ), ( $V_C$ ) και ( $I$ ).



Σχ. 40.Iγ.

5. Από τις ενδείξεις των μετρήσεων της προηγούμενης περιπτώσεως και της συχνότητας  $f = 50$  Hz να υπολογισθούν ξανά (για το κύκλωμα της περιπτώσεως 4) οι τιμές των ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) (αυτεπαγωγική και χωρητική αντίσταση του κυκλώματος).

6. Να υπολογισθεί η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος της περιπτώσεως 4 από την σχέση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

7. Επίσης να βρεθεί η ( $Z$ ) του κυκλώματος εφαρμόζοντας το Νόμο του Ωμ:

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

και να συγκριθεί με αυτήν που υπολογίσθηκε στην προηγούμενη περίπτωση.

## ΑΣΚΗΣΗ 41

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RLC ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Στην προηγούμενη άσκηση εξετάσθηκαν τα χαρακτηριστικά ενός κυκλώματος, που είχε ωμική αντίσταση ( $R$ ), αυτεπαγωγή ( $L$ ) και χωρητικότητα ( $C$ ) που συνδέονται σε σειρά.

Η σύνθετη αντίσταση, την οποία παρουσιάζει ένα κύκλωμα αυτής της μορφής, δίνεται από τη σχέση:

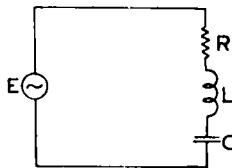
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

και εξαρτάται από τα στοιχεία ( $R$ ), ( $L$ ) και ( $C$ ), καθώς και από τη συχνότητα ( $f$ ) του ρεύματος, που κυκλοφορεί σ' αυτό.

Όταν η συχνότητα ( $f$ ) της πηγής, που τροφοδοτεί το κύκλωμα, είναι χαμηλή, η χωρητική αντίσταση:

$$X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi f C}$$

είναι μεγάλη και ελαττώνεται όσο η συχνότητα της πηγής αυξάνεται. Αντίθετα η αυτεπαγωγική αντίσταση είναι μικρή στις χαμηλές συχνότητες και αυξάνεται στις ψηλότερες.



Σχ. 41.α.

Αν λοιπόν το κύκλωμα του σχήματος 41.α, με τα στοιχεία ( $R$ ), ( $L$ ) και ( $C$ ) σε σειρά, τροφοδοτηθεί από μια πηγή εναλλασσόμενη τάσεως ( $E$ ), σταθερού πλάτους (σταθερής ενδεικνυμένης τιμής), αλλά μεταβαλλόμενης συχνότητας, η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα αυτό δεν θα είναι σταθερά. Αυτό θα συμβαίνει, γιατί η σύνθετη αντίσταση ( $Z$ ) του κυκλώματος δεν παραμένει σταθερή, εφ' όσον μεταβάλλονται τα στοιχεία ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) (αυτεπαγωγική και χωρητική αντίσταση), τα οποία τη συνθέτουν. Τονίζεται εδώ στα ραδιοτεχνικά κυκλώματα αυτού του είδους η

αντίσταση ( $R$ ) αντιπροσωπεύει τα ωμικά μέρη του πυκνωτή και κυρίως του πηνίου (τις αντιστάσεις απωλειών) και δεν είναι καμιά έχχωριστή ωμική αντίσταση συνδεμένη στο κύκλωμα. Αντίθετα μάλιστα επιβάλλεται πάντοτε η τιμή της αντιστάσεως αυτής να είναι όσο το δυνατό μικρότερη (δηλαδή να είναι μικρότερες οι απώλειες).

Στις εφαρμογές για να είναι μικρές οι απώλειες ενός κυκλώματος με ( $L$ ) και ( $C$ ) σε σειρά πρέπει:

a) Ο πυκνωτής να είναι καλής ποιότητας. Π.χ. ένας πυκνωτής με διηλεκτρικό από μίκα εμφανίζει μικρότερες απώλειες παρά ένας πυκνωτής από χαρτί.

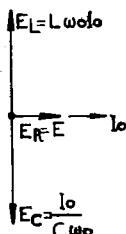
β) Το τύλιγμα του πηνίου να έχει μικρή ωμική αντίσταση και, αν το πηνίο έχει πυρήνα, οι απώλειες του πυρήνα αυτού να είναι όσο το δυνατό μικρές. Το αποτέλεσμα αυτό επιτυγχάνεται με πυρήνες ειδικής κατασκευής.

Η μεταβολή των δύο αντιστάσεων ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) γίνεται, όπως ήδη αναφέρθηκε με αντίθετο τρόπο. Στις χαμηλές συχνότητες επικρατεί περισσότερο (είναι μεγαλύτερη) η χωρητική αντίσταση, ενώ στις ψηλές επικρατεί η αυτεπαγωγική. Αν μελετηθεί λοιπόν η συμπεριφορά του κυκλώματος στις διάφορες συχνότητες, διαπιστώνεται ότι, όσο η συχνότητα αυξάνεται, η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή ( $c$ ) με σταθερή χωρητικότητα ελαττώνεται και η αυτεπαγωγική αντίσταση του πηνίου ( $L$ ) με σταθερή αυτεπαγωγή αυξάνεται. Επομένως κατά τις μεταβολές αυτές θα υπάρξει κάποια ενδιάμεση συχνότητα ( $f_0$ ), για την οποία οι δύο αυτές αντιστάσεις θα γίνουν ίσες. Και επειδή οι αντιστάσεις αυτές είναι και αντίθετής δράσεως, στη συχνότητα, στην οποία θα γίνουν αριθμητικά ίσες, θα αλληλοεξουδετερώνονται.

Θα απομένει συνεπώς ως ελάχιστη αντίσταση του κυκλώματος μόνο η ωμική αντίσταση ( $R$ ) (η αντίσταση απωλειών).

Η αλληλοεξουδετέρωση πάντως των δύο αντιστάσεων δεν σημαίνει και εξαφάνισή τους. Απλώς το αποτέλεσμα της μιας αντισταθμίζει το αποτέλεσμα της άλλης, οι αντιστάσεις όμως ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) υπάρχουν και αυτό φαίνεται από τις τάσεις, που επικρατούν στα άκρα τους και οι οποίες είναι ίσες όταν οι ( $X_L$ ) ( $X_C$ ) είναι ίσες. Οι ίσες αυτές τάσεις είναι μεγαλύτερες από την τάση της πηγής ( $E$ ) και επειδή είναι και αντίθετης δράσεως αλληλοεξουδετερώνονται. Συνεπώς η τάση ( $E$ ) της πηγής επικρατεί μόνο στο ωμικό μέρος ( $R$ ) του κυκλώματος.

Η κατάσταση αλληλοεξουδετερώσεως των ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) λέγεται **συντονισμός του κυκλώματος** και η συχνότητα στην οπόια οι ( $X_L$ ) και ( $X_C$ ) αλληλοεξουδετερώνονται, λέγεται **συχνότητα συντονισμού του**.



Σχ. 41.β.

Το διάγραμμα του σχήματος 41.β δείχνει αναλυτικά τις επικρατούσες τάσεις στο κύκλωμα σειράς κατά το συντονισμό.

Κατά το συντονισμό επομένως ισχύει η σχέση:

$$X_L = X_C \text{ ή } L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

από την οποία προκύπτει:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Και επειδή  $\omega = 2 \pi f$ , η συχνότητα συντονισμού ( $f_0$ ) θα είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Στην συχνότητα συντονισμού, εφ' όσον  $X_L = X_C$ , η αντίσταση του κυκλώματος γίνεται ελάχιστη, γιατί τότε δρα μόνο η ωμική του αντίσταση ( $R$ ) (στην οποία αναπτύσσεται η τάση  $E$  της πηγής), οπότε η σχέση της σύνθετης αντιστάσεως:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

γίνεται:

$$Z = \sqrt{R^2} \text{ ή } Z = R$$

Το ρεύμα στο κύκλωμα θα είναι:

$$I = \frac{E}{Z} \text{ ή } I = \frac{E}{R}$$

και κατά το συντονισμό γίνεται μέγιστο, αφου  $Z = R$ , και η ( $R$ ) είναι η ελάχιστη αντίσταση, την οποία μπορεί να παρουσιάσει το κύκλωμα. Η ( $R$ ) έχει σταθερή τιμή και μπορεί να θεωρείται ανεξάρτητη από τη συχνότητα.

Η ωμική αντίσταση ( $R$ ) είναι εκείνη, που ρυθμίζει το ποσό του ρεύματος, το οποίο κυκλοφορεί στο κύκλωμα κατά το συντονισμό. Στη Ραδιοτεχνία, όπου τα κυκλώματα αυτά έχουν μεγαλύτερη εφαρμογή, δύο μικρότερη είναι η ( $R$ ), τόσο καλύτερης ποιότητας είναι το κύκλωμα. Γενικά η **ποιότητα ενός κυκλώματος συντονισμού** συμβολίζεται με το γράμμα ( $Q$ ) και δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 41.y.

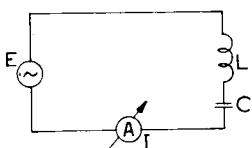
Ως πηγή τροφοδοτήσεως του κυκλώματος να χρησιμοποιηθεί ταλαντωτής χαμηλών συχνοτήτων. Με μεταβολή της συχνότητας του ταλαντωτή να προσδιορισθεί η περιοχή του συντονισμού από το ρεύμα, που δείχνει το μιλλιαμπερόμετρο σε σειρά.

2. Με μεταβολή της συχνότητας του ταλαντωτή στην περιοχή του συντονισμού να ληφθούν μετρήσεις και να συμπληρωθεί ο επόμενος πίνακας:

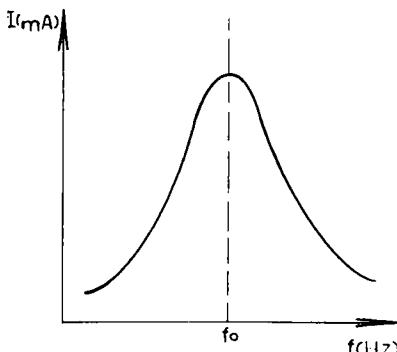
$f$ (Hz)	$I$ (mA)

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να ρυθμίζεται η τάση ( $E$ ) του ταλαντωτή, ώστε να παραμένει σταθερή σε κάθε συχνότητα.

3. Ποια η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος της περιπτώσεως 1;
4. Από τις μετρήσεις της περιπτώσεως 2 να χαραχθεί η καμπύλη συντονισμού του κυκλώματος.



Σχ. 41.γ.



Σχ. 41.δ.

Το διάγραμμα του σχήματος 41.δ δίνει τη μορφή, την οποία πρέπει να έχει μια καμπύλη συντονισμού κυκλώματος σε σειρά.

5. Να προστεθεί σε σειρά στο κύκλωμα μια ωμική αντίσταση, π.χ.  $100 \Omega$ , και να ληφθούν ξανά μετρήσεις, ώστε να χαραχθεί η καμπύλη συντονισμού του κυκλώματος. Η καμπύλη να χαραχθεί στο ίδιο διάγραμμα με την καμπύλη της προηγούμενης περιπτώσεως.

6. Με σύγκριση των ρευμάτων κατά το συντονισμό στις δύο περιπτώσεις να αναφερθεί ποιο από τα δύο κυκλώματα είναι καλύτερης ποιότητας και γιατί;

7. Με ηλεκτρονικό βολτόμετρο να μετρηθούν οι τάσεις ( $V_R$ ), ( $V_L$ ) και ( $V_C$ ) στο κύκλωμα κατά το συντονισμό και να συγκριθούν με την τάση της πηγής.

8. Με γνωστή την ωμική αντίσταση ( $R$ ) της περιπτώσεως 5 και την αυτεπαγωγή του πηνίου ( $L = ...$ ), να υπολογισθεί η ποιότητα ( $Q$ ) του κυκλώματος.

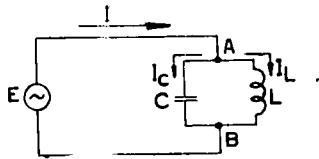
(Η αυτεπαγωγή του πηνίου θα δοθεί από τον Καθηγητή κατά την εκτέλεση της ασκήσεως).

## ΑΣΚΗΣΗ 42

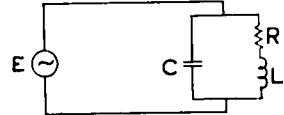
### ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RLC ΣΥΝΔΕΟΜΕΝΟΥ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

Αν τα στοιχεία ( $L$ ) και ( $C$ ) του κυκλώματος της προηγούμενης ασκήσεως συνδεθουν παράλληλα, όπως στο κύκλωμα του σχήματος 42.α, προκύπτει τότε ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού.

Στο κύκλωμα του σχήματος 42.β, που είναι το ισοδύναμο του κυκλώματος του σχήματος 42.α, η αντίσταση ( $R$ ) αντιπροσωπεύει την ωμική αντίσταση και εν γένει την αντίσταση απωλειών του πηνίου και, όπως αναφέρθηκε στην άσκηση συντονι-



Σχ. 42.α.



Σχ. 42.β.

σμού σε σειρά, καταβάλλεται φροντίδα, ώστε η αντίσταση αυτή να έχει όσο το δυνατό μικρότερη τιμή, οπότε και η ποιότητα του κυκλώματος είναι καλύτερη:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

Δια τον πυκνωτή ( $C$ ) δεχόμαστε ότι έχει αντίσταση απωλειών στον κλάδο του τόσο μικρή, ώστε να μπορεί να παραλειφθεί.

Στο κύκλωμα που συνδέεται παράλληλα στον κόμπο (A) (ή στον B) διοχετεύεται στους δύο κλάδους του πυκνωτή και του πηνίου. Ανάλογα με τη συχνότητα της πηγής ( $E$ ) από το ένα από τα στοιχεία αυτά θα διέρχεται περισσότερο, και από το άλλο λιγότερο ρεύμα. Δηλαδή, στις χαμηλές συχνότητες στις οποίες ο πυκνωτής παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση ( $1/C\omega$ ) το περισσότερο ρεύμα θα διέρχεται από τον κλάδο του πηνίου, το οποίο τότε παρουσιάζει μικρή αντίσταση ( $L\omega$ ). Στις ψηλές συχνότητες θα συμβαίνει το αντίθετο. Για μια όμως ενδιάμεση συχνότητα οι δύο αντιστάσεις (αυτεπαγωγική και χωρητική) θα γίνονται ίσες, εφ' όσον η μία αυξάνεται και η άλλη ελαττώνεται. Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται **συντονισμός** του

κυκλώματος, όπως και στο κύκλωμα, σε σειρά η δε συχνότητα, για την οποία συμβαίνει αυτό, λέγεται **συχνότητα συντονισμού**. Κατά το συντονισμό ισχύει και στο παράλληλο κύκλωμα η σχέση:

$$X_L = X_C \text{ ή } L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$$

από την οποία προκύπτει:

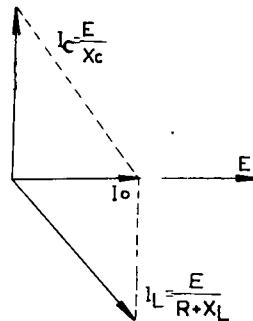
$$f_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

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 ευκόλοτερη 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.

Τα ίσα αυτά ρεύματα, ( $I_C$ ) και ( $I_L$ ), επειδή έχουν αντίθετες δράσεις, έχουν ολικό άθροισμα μηδέν στους κόμπους (A) και (B).

Το ρεύμα ( $I$ ), ελάχιστο κατά το συντονισμό, διέρχεται από τα ωμικά στοιχεία των δύο κλάδων ( $L$ ) και ( $C$ ).

δ) Η τάση της πηγής ( $E$ ) και το ρεύμα ( $I$ ) είναι σε φάση κατά το συντονισμό, πράγμα που φανερώνει ότι η σύνθετη αντίστασή του ( $Z$ ) συμπεριφέρεται τότε ως μια καθαρά ωμική αντίσταση με πολύ μεγάλη τιμή.

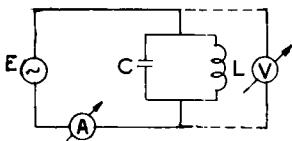
Στο σχήμα 42.γ δίνεται διανυσματικό διάγραμμα των ρευμάτων και της τάσεως της πηγής, σε ένα εν παραλλήλω κύκλωμα για τη συνθήκη του συντονισμού.

Η μεγάλη σύνθετη αντίσταση του παράλληλου κυκλώματος είναι και ο λόγος, για τον οποίο προτιμάται αυτό ως κύκλωμα συντονισμού, αντί για το κύκλωμα σε σειρά, σε όλες σχεδόν τις ραδιοτεχνικές εφαρμογές. Αυτή η μεγάλη σύνθετη αντίσταση (μεγάλη χωρίς μεγάλες απώλειες) εξασφαλίζει συνθήκες προσαρμογής των παράλληλων κυκλωμάτων συντονισμού με τις μεγάλες εσωτερικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών λυχνιών, στο εξωτερικό κύκλωμα των οποίων συνδέεται.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 42.δ. Ως πηγή ( $E$ ) να χρησιμοποιηθεί ταλαντωτής χαμηλών συχνοτήτων. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να ρυθμίζεται ο ταλαντωτής, ώστε να παρέχει σταθερή τάση στο κύκλωμα για όλες τις συχνότητες.

Μεταβάλλοντας τη συχνότητα του ταλαντωτή να προσδιορισθεί η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος από την ένδειξη του ελάχιστου ρεύματος ( $I$ ).



Σχ. 42.δ.

2. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα του ταλαντωτή πάνω και κάτω από τη συχνότητα συντονισμού να ληφθούν μετρήσεις και να συμπληρωθεί ο άκολουθος πίνακας. Οι μετρήσεις να είναι πικνότερες στη γύρω από τη συχνότητα συντονισμού περιοχή.

3. Από τις μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως και με υπολογισμούς με τη βοήθεια της σχέσεως:

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

$f$ (Hz)	$I$ (mA)

(Υ είναι η σταθερή τάση στα άκρα του κυκλώματος) να βρεθούν η σύνθετη αντίσταση, που παρουσιάζει το κύκλωμα στις διάφορες συχνότητες και να συμπληρωθεί ο επόμενος πίνακας:

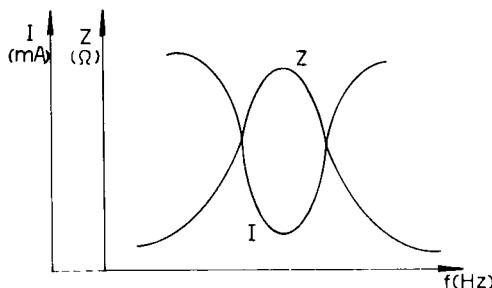
$f$ (Hz)	$Z$ ( $\Omega$ )

4. Από τις μετρήσεις της περιπτώσεως 2 και των αποτελεσμάτων των υπολογισμών της περιπτώσεως 3 να χαραχθούν στο ίδιο διάγραμμα οι χαρακτηριστικές καμπύλες συντονισμού:

a) Μεταβολής της σύνθετη αντιστάσεως του κυκλώματος ( $L$ ), ( $C$ ) συναρτήσει της συχνότητας.

β) Μεταβολής του ρεύματος στο κύκλωμα συναρτήσει της συχνότητας.

Το διάγραμμα του σχήματος 42.ε δίνει τη μορφή των ζητουμένων καμπυλών.



Σχ. 42.ε.

5. Να συγκριθούν οι παραπάνω καμπύλες συντονισμού με τις καμπύλες συντονισμού του κυκλώματος σε σειρά, που μελετήθηκε στην προηγούμενη άσκηση. Να αναφερθούν οι διαφορές, που παρουσιάζουν τα κυκλώματα.

6. Γιατί το παράλληλο κύκλωμα συντονισμού προτιμάται και χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε στις ραδιοτεχνικές εφαρμογές;

## ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Η ισχύς στο συνεχές ρεύμα εξετάσθηκε στην άσκηση 21. Η σχέση  $P = V \cdot I$  ισχύει και στο εναλλασσόμενο ρεύμα, εφ' όσον οι καταναλώσεις, στις οποίες αναπτύσσεται η ισχύς, είναι καθαρά ωμικές αντιστάσεις. 'Όταν όμως οι καταναλώσεις είναι πηνία ή πυκνωτές (δηλαδή παρουσιάζουν αυτεπαγωγικά ή χωρητικά στοιχεία) η τάση και η ένταση του ρεύματος σ' αυτά δεν είναι συμφασικά μεγέθη. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ των δύο παραγόντων της ισχύος, δηλαδή της τάσεως και της εντάσεως του ρεύματος, δεν υπάρχει ταυτότητα φάσεως, ώστε να αυξάνονται και να ελαττώνονται τα δύο αυτά μεγέθη ταυτόχρονα.

Το γινόμενο λοιπόν ( $V \cdot I$ ) στο εναλλασσόμενο ρεύμα δίνει μια ισχύ που λέγεται **φαινόμενη ισχύς**, ακριβώς επειδή δεν είναι εκείνη που πραγματικά καταναλώνεται. Εάν όμως το γινόμενο αυτό πολλαπλασιασθεί επί το συνημίτονο της γωνίας, που είναι η διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως, τότε το αποτέλεσμα θα δώσει την **πραγματική ισχύ**, δηλαδή:

$$P_a = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

όπου ( $V$ ) και ( $I$ ) είναι οι ενδεικνύμενες τιμές της τάσεως και της εντάσεως αντίστοιχα.

'Όπως είναι γνωστό από την τριγωνομετρία, το συνημίτονο μιας γωνίας δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από τη μονάδα. 'Όταν είναι θετικό κυμαίνεται από 0 ως 1.

Η ακριβή τιμή του για τα ηλεκτρολογικά κυκλώματα καθορίζεται από τη γωνία διαφοράς φάσεως μεταξύ τάσεως και εντάσεως (σχέση μεταξύ ωμικής και αυτεπαγωγικής ή χωρητικής καταναλώσεως).

Το συνημίτονο της γωνίας διαφοράς φάσεως λέγεται και **συντελεστής ισχύος** της καταναλώσεως (του φορτίου), ακριβώς επειδή από αυτό εξαρτάται η ισχύς.

Ακόμα στο εναλλασσόμενο ρεύμα, υπάρχει και η **δέργη ισχύς**, η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$P_d = V \cdot I \cdot \eta \mu \phi$$

Τα τρία είδη ισχύος συνθέτουν ένα ορθογώνιο τρίγωνο για κάθε περίπτωση καταναλώσεως (αυτεπαγωγική ή χωρητική), όπως φαίνεται στα σχήματα 43.a και 43.b.

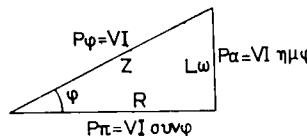
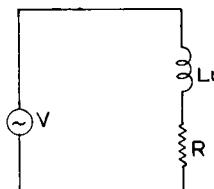
Το πρώτο κύκλωμα και το απέναντί του διάγραμμα έχουν εφαρμογή, όταν η κατανάλωση έχει αυτεπαγωγικά στοιχεία, ενώ το δεύτερο, όταν η κατανάλωση έχει

χωρητικά στοιχεία.

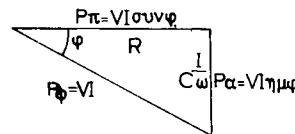
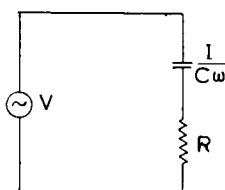
Ενώ λοιπόν στο συνεχές ρεύμα εμφανίζεται μια μόνο ισχύς, στο εναλλασσόμενο εμφανίζονται:

α) Η **φαινόμενη ισχύς**, που είναι η συνισταμένη της πραγματικής και της άεργης ισχύος, όπως δείχνουν τα διαγράμματα των σχημάτων 43.γ και 43.δ. Αυτή εκφράζεται σε βολταμπέρ (VA) και βρίσκεται αφού μετρηθούν με βολτόμετρο και αμπερόμετρο η τάση και η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα και πολλαπλασιασθούν, δηλαδή:

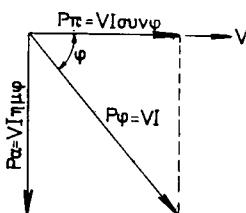
$$P_{\phi} = V \cdot I.$$



Σχ. 43.α.

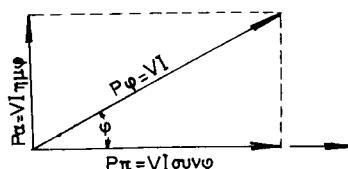


Σχ. 43.β.



Σχ. 43.γ.

Για καταναλωτή που περιλαμβάνει και πτηνό (αυτεπαγωγική συμπεριφορά).



Σχ. 43.δ.

Για καταναλωτή που περιλαμβάνει και πυκνωτή (χωρητική συμπεριφορά).

β) Η **πραγματική ισχύς**, που δίνεται από τη σχέση:

$$P_n = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

και μετράται σε βαττ (W) με ειδικά κατασκευασμένα όργανα, τα Βαττόμετρα. Η εσωτερική κατασκευή και η λειτουργία των Βαττομέτρων εξετάζεται στην άσκηση 44.

γ) Η **άεργη ισχύς**, που δεν αντιστοιχεί σε παραγωγή ή κατανάλωση ισχύος, υπολογίζεται ως γεωμετρική διαφορά των δύο άλλων (από τα προηγούμενα τρίγωνα). Δηλαδή:

$$P_a = \sqrt{P_\phi^2 - P_n^2},$$

καθώς και από τη σχέση  $P_a = V \cdot I \text{ ημφ}$  και εκφράζεται σε βαρ (Var) (Volt Amper Reactive).

Ο συντελεστής ισχύος (συνφ) βρίσκεται μετά από διαίρεση της πραγματικής με τη φαινόμενη ισχύ, δηλαδή:

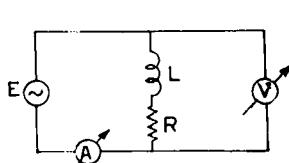
$$\text{συνφ} = \frac{P_n}{P_\phi}$$

Όταν  $\phi = 90^\circ$  (ή και  $-90^\circ$ ), καμιά ισχύς δεν καταναλίσκεται στο κύκλωμα, γιατί συνφ = 0. Δηλαδή η πραγματική ισχύς είναι μηδέν, οπότε η άεργη ισχύς ισούται με τη φαινόμενη. Επίσης, όταν  $\phi = 0^\circ$  (συνφ = 1), η άεργη ισχύς είναι μηδέν, ενώ η πραγματική ισούται με τη φαινόμενη.

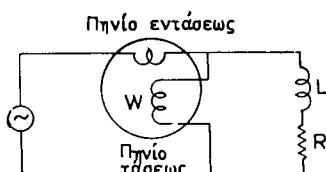
Το συνφ μπορεί επίσης να μετρηθεί απ' ευθείας με ειδικό όργανο ( $\cos \phi$ ).

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 43.ε και να ληφθούν μετρήσεις της τάσεως και της εντάσεως, ώστε να υπολογισθεί η φαινόμενη ισχύς.
2. Στο ίδιο κύκλωμα να μετρηθεί η πραγματική ισχύς με βαττόμετρο, όπως δείχνει το σχήμα 43.ζ.



Σχ. 43.ε.



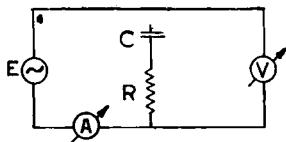
Σχ. 43.στ.

Επίσης, εάν δεν υπάρχει βαττόμετρο, η πραγματική ισχύς μπορεί να μετρηθεί με μετρητή ενέργειας (μικρό ενδιάμεσο «ρολόι»), αφού δηλαδή μετρηθεί η ενέργεια που καταναλώθηκε για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

3. Από τις μετρήσεις των δύο προηγούμενων περιπτώσεων να υπολογισθεί ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος καθώς και η άεργη ισχύς.

4. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 43.η.

Σ' αυτό να επαναληφθούν όλες οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί, που ζητούνται στις περιπτώσεις 1, 2, και 3 για το κύκλωμα με αυτεπαγωγή.



Σχ. 43.ζ.

5. Τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων και υπολογισμών να γραφούν στον ακόλουθο πίνακα:

Είδος Καταναλώσεως	$P_\phi$	$P_\pi$	συνφ	$P_a$

6. Να εξηγηθεί, γιατί ο συντελεστής ισχύος δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα.

7. Δυο ηλεκτρικές συσκευές χαρακτηρίζονται η μεν πρώτη με συνφ = 0,85, η δε δεύτερη με συνφ = 0,60. Ποια από τις δύο είναι καλύτερη;

## ΑΣΚΗΣΗ 44

### BATTOMETRA

Τα όργανα, που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος, λέγονται **βαττόμετρα**. Η μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος είναι απαραίτητη τόσο στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και κατά τη μεταφορά και τη διανομή της.

Τα βαττόμετρα είναι ηλεκτροδυναμικά όργανα και αποτελούνται από ένα σταθερό (ακίνητο) πηνίο και ένα κινητό. Το ακίνητο πηνίο συνδέεται σε σειρά στο κύκλωμα, είναι κατασκευασμένο από χονδρό σύρμα και λέγεται **πηνίο εντάσεως**. Σε μερικές περιπτώσεις αντί για ένα υπάρχουν δύο πηνία σε σειρά. Το κινητό πηνίο είναι κατασκευασμένο από λεπτό σύρμα, συνδέεται παράλληλα και είναι το **πηνίο τάσεως**.

Το ρεύμα του κυκλώματος, στο οποίο γίνεται η μέτρηση της ισχύος, διέρχεται από το ακίνητο πηνίο της εντάσεως και η τάση του κυκλώματος εφαρμόζεται στα άκρα του κινητού πηνίου, που πιθανόν να έχει σε σειρά και προστατευτική αντίσταση (αντίσταση πολλαπλασιασμού της κλίμακας, βλέπε άσκηση 23, Βολτόμετρα).

Βασικό κύκλωμα βαττομέτρου με προστατευτική αντίσταση (για τον πολλαπλασιασμό της ικανότητας του πηνίου τάσεως) και με δύο πηνία εντάσεως φαίνεται στο σχήμα 44.a.

Το βαττόμετρο αυτό δείχνει την πραγματική ισχύ, που καταναλώνεται σε βαττ. Ένα από τα άκρα (υποδοχές) τόσο του πηνίου τάσεως όσο και του πηνίου (ή των πηνίων σε σειρά) εντάσεως φέρει τις ενδείξεις  $\pm$ , πράγμα που σημαίνει ότι έχει σημασία η πολικότητα (φάση-ουδέτερος) για το εναλλασσόμενο κατά τη σύνδεση των πηνίων εντάσεως και τάσεως. Αν η σύνδεση είναι ορθή, η βελόνα του βαττομέτρου αποκλίνει κανονικά. Διαφορετικά αποκλίνει αντίθετα και τότε απαιτείται εναλλαγή της πολικότητας του ενός από τα πηνία.

Επίσης, όταν η σύνδεση είναι κανονική, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πηνίων τάσεων και εντάσεων είναι η μικρότερη δυνατή.

Τα σχήματα 44.β και 44.γ δείχνουν δύο τρόπους συνδεσμολογίας των πηνίων τάσεως και εντάσεως σε ένα βαττόμετρο.

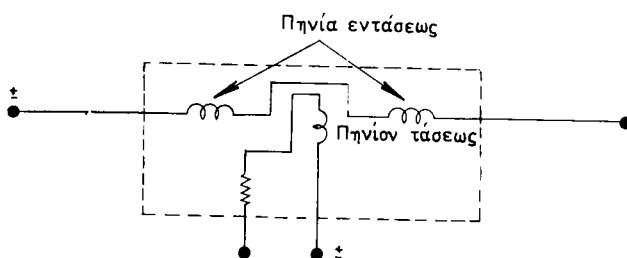
Και τα δύο κυκλώματα είναι ορθά και χρησιμοποιούνται στην πράξη. Πάντως και στα δύο υπάρχει ένα μικρό αμελητέο, αλλά αναπόφευκτο σφάλμα. Στο σχήμα 44.β το πηνίο τάσεως μετρά και την πτώση τάσεως στο πηνίο εντάσεως (και όχι απλά την πτώση τάσεως στο φορτίο). Στο σχήμα 44.γ, κατά τη μέτρηση της εντάσεως, εκτός από το ρεύμα του φορτίου, μετράται και το ρεύμα του πηνίου τάσεως.

Τα χαρακτηριστικά ενός βαττομέτρου είναι:

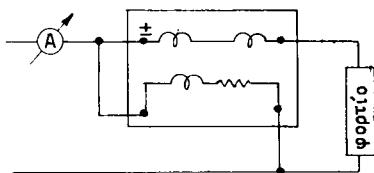
- α) Το μέγιστο ρεύμα, για το οποίο είναι κατασκευασμένο το πηνίο εντάσεως.
- β) Η μέγιστη τάση, που μπορεί να εφαρμοσθεί στα άκρα του πηνίου τάσεως.

Η μέγιστη ένδειξη της κλίμακάς του εξαρτάται βέβαια και από το συνφ. Επειδή το συνφ είναι για ηλεκτρολογικές μετρήσεις σε εναλλασσόμενα ρεύματα πάντοτε μικρότερο από τη μονάδα, πρέπει να ελέγχεται το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει το βαττόμετρο, με ένα αμπερόμετρο στο εξωτερικό κύκλωμα, ώστε να μη «καει» το όργανο.

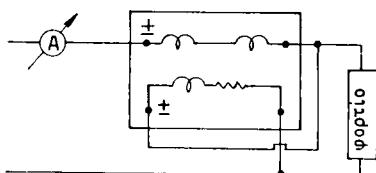
Μεγάλα βαττόμετρα έχουν περισσότερες από μια κλίμακα και φυσικά περισσότερες υποδοχές για τους ακροδέκτες τους.



Σχ. 44.α.



Σχ. 44.β.



Σχ. 44.γ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

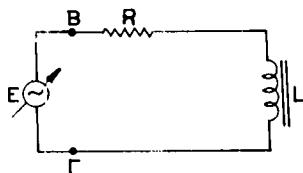
1. Με προσοχή να ανοιχθεί το βαττόμετρο της ασκήσεως και να αναγνωρισθεί το κύκλωμά του. (Πηνίο εντάσεως = χονδρό σύρμα κ.λπ.).
2. Να σχεδιασθεί το εσωτερικό κύκλωμα του βαττομέτρου και να αναφερθεί το εξαιτίας της συνδεσμολογίας του σφάλμα κατά τη μέτρηση.
3. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 44.δ και να μετρηθεί στα σημεία (Β), (Γ) η καταναλισκόμενη ισχύς με βαττόμετρο.
4. Να μετρηθεί η ισχύς στο κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως με βολτόμετρο και αμπερόμετρο. Να αναφερθεί ποια η διαφορά των δύο μετρήσεων (περιπτώσεις 3 και 4) και να υπολογισθεί από αυτές ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος.

5. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 44.ε και σ' αυτό να ρυθμισθούν οι διακόπτες έτσι, ώστε:

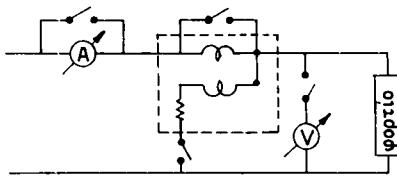
α) Μόνο το βαττόμετρο να παραμείνει στο κύκλωμα και να γραφεί η ένδειξη του:

β) Μόνο το αμπερόμετρο και το βολτόμετρο να παραμείνουν στο κύκλωμα και να γραφούν οι ενδείξεις τους.

6. Να συγκριθούν οι ενδείξεις των παραπάνω μετρήσεων και να δικαιολογηθούν οι μεταξύ τους διαφορές.



Σχ. 44.δ.



Σχ. 44.ε.

## ΑΣΚΗΣΗ 45

### ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας για το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι τα «ρολόγια», που έχει εγκαταστήσει η ΔΕΗ σε όλα τα σπίτια, που ηλεκτροδοτεί, και με αυτούς μετρά την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Για το συνεχές ρεύμα υπάρχουν δύο τύποι μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας:

α) Οι μετρητές αμπερομετρικού τύπου και β) οι μετρητές βαττομετρικού τύπου.

Μεγαλύτερη ακρίβεια δίνουν οι μετρητές βαττομετρικού τύπου, που μετρούν τόσο την ένταση όσο και την τάση της καταναλώσεως, ενώ οι μετρητές αμπερομετρικού τύπου μετρούν μόνο την ένταση και θεωρούν την τάση του δικτύου σταθερή και ίση με την ονομαστική τιμή της.

Ένας βαττομετρικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση και εναλλασσόμενης μορφής ηλεκτρικής ενέργειας. Γενικά όμως στο εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιούνται οι επαγγειακοί μετρητές, που για τα σπίτια είναι μονοφασικοί, ενώ για τις βιομηχανίες και λοιπές μεγάλες καταναλώσεις είναι τριφασικοί. Οι επαγγειακοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας είναι απλούστεροι στην κατασκευή και επομένως φθηνότεροι.

Ο **μονοφασικός επαγγειακός μετρητής** είναι στην ουσία ένας κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος, του οποίου η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη προς το γινόμενο των στιγμιαίων τιμών της εφαρμοζόμενης τάσεως στο πηνίο τάσεως του και της εντάσεως του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο εντάσεως. Ο αριθμός των στροφών σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα είναι επομένως ανάλογος προς την ενέργεια σε kWh, την οποία το φορτίο δέχεται κατά το διάστημα αυτό.

Ο συντελεστής αναλογίας μεταξύ του αριθμού των περιστροφών του δίσκου και της ενέργειας που καταναλώθηκε είναι σταθερό χαρακτηριστικό μέγεθος του μετρητή και αναγράφεται στην πινακίδα του.

Εάν π.χ. ένας μετρητής έχει σταθερότητα στις στροφές π.χ.  $k = 100$  στροφές ανά χιλιοβαττώρα και ο δίσκος του εκτελεί 250 περιστροφές, αυτό σημαίνει ότι ο μετρητής κατέγραψε

$$\frac{250}{100} = 2,5 \text{ kWh.}$$

Ως δρομέας (οπλισμός) του μετρητή (κινητήρα) χρησιμοποιείται ένας δίσκος αλουμινίου, που περιστρέφεται μεταξύ των πόλων των πηνίων, τα οποία δημιουργούν το πεδίο, και έτσι κινεί σε καταγραφή ένα απαριθμητή. Τα πηνία, που δημιουργούν το πεδίο σε ένα μετρητή, είναι: α) 'Ένα πηνίο τάσεως, που βρίσκεται

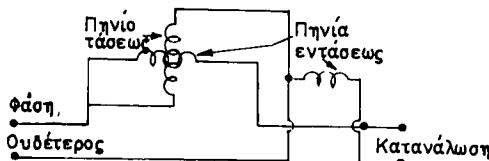
συνήθως πάνω από το δίσκο αλουμινίου. β) Δύο πηνία εντάσεως, τοποθετημένα κάτω από το δίσκο.

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 επαγγελματικού μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας για το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ανάλογο κύκλωμα και συνδεσμολογία έχουν και οι τριφασικοί επαγγελματικοί μετρητές, που δεν εξετάζονται στην άσκηση αυτή.

Στις δύο προηγούμενες ασκήσεις, 43 και 44 (ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα και βαττόμετρα) εκτίθεται η σχετική θεωρία για την ισχύ και τους τρόπους μετρήσεως 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 «ανοικτός» (χωρίς περίβλημα) και να παρατηρηθεί η ολή λειτουργία του.

4. Από την ηλεκτρική ενέργεια που μετρήθηκε και από το χρόνο να υπολογισθεί η ισχύς των καταναλώσεων.

5. Να μετρηθεί με το βαττόμετρο 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.

## ΑΣΚΗΣΗ 46

### ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

Στις τρεις προηγούμενες ασκήσεις, 43, 44 και 45, εξετάσθηκε η σημασία του συντελεστή ισχύος σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος και οι διάφοροι τρόποι προσδιορισμού της τιμής του.

Μικρός συντελεστής ισχύος σημαίνει καταπόνηση των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της πηγής με μεγάλα άεργα ρεύματα για την ίδια πραγματική ισχύ. Γενικά η ένταση του ρεύματος σε ένα κύκλωμα, που τροφοδοτείται από πηγή εναλλασσόμενης τάσεως, είναι αντίστροφα ανάλογη προς το συντελεστή ισχύος. Επομένως συμφέρει οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές να λειτουργούν με το μεγαλύτερο δυνατό συντελεστή ισχύος, γιατί τότε γίνεται εκμετάλλευση μεγαλύτερης πραγματικής ισχύος για το 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 τους πόλους του κινητήρα) ενός πυκνωτή με ορισμένη χωρητικότητα. Ο κινητήρας λόγω των τυλιγμάτων του έχει επαγγεική συμπεριφορά και ο παράλληλα τοποθετούμενος πυκνωτής εξουδετερώνει μέρος του επαγγεικού φορτίου, δηλαδή άεργης ισχύος.

Αν από τις γωνίες φασικής αποκλίσεως πριν από τη βελτίωση και μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος προσδιορισθεί το ποσό της άεργης ισχύος, που πρέπει να απορροφά ο πυκνωτής από τις γραμμές τροφοδοτήσεως και αν δίνεται και η εφαρμοζόμενη τάση (τάση λειτουργίας του κινητήρα), υπολογίζεται εύκολα η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον πυκνωτή, οπότε από τη σχέση:

$$V = \frac{I_C}{C_\omega}$$

(νόμος του Ωμ), η οποία γίνεται:

$$C = \frac{I_C}{V_\omega}$$

βρίσκεται η τιμή της χωρητικότητας του απαιτούμενου για την βελτίωση πυκνωτή σε F.

Για καλύτερη κατανόηση των προηγούμενων, αν πάρομε το παρακάτω παράδειγμα:

Κινητήρας έχει πραγματική ισχύ 3 kW και λειτουργεί υπό 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:

Από το συνφ = 0,75 βρίσκεται ότι η γωνία φ = 41°,5 και εφφ = 0,8847. Είναι γνωστό ότι  $P_n = V \cdot I \cdot \text{συνφ}$  και

$$P_a = V \cdot I \cdot \text{ημφ}, \text{ δηλαδή } \frac{P_a}{P_n} = \text{εφφ}$$

Συνεπώς η άεργη ισχύς ( $P_a$ ) θα είναι:

$$P_a = P_n \cdot \text{εφφ} = 3000 \times 0,8847 = 2654 \text{ VA.}$$

Όταν με την τοποθέτηση του πυκνωτή γίνει το συνφ = 0,85, η νέα γωνία φασικής αποκλίσεως θα είναι φ = 31°8' και εφφ = 0,62.

Κατά τον ίδιο όπως και προηγούμενα τρόπο:

$$\text{ή } P_a = P_n \cdot \text{εφφ} = 3000 \times 0,62 = 1860 \text{ VA}$$

Άρα με τον πυκνωτή θα επιτυγχάνεται μείωση της άεργης ισχύος κατά  $2654 - 1860 = 794 \text{ VA.}$

Τα 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 . a και να μετρηθούν:  
α) Η φαινόμενη ισχύς (με βολτόμετρο — αμπερόμετρο). β) Η πραγματική ισχύς (με βαττόμετρο). 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. Να συνδεθεί ο πυκνωτής στο κύκλωμα και να επαναληφθούν οι μετρήσεις της περιπτώσεως 1.

Να παρατηρηθούν οι διαφορές βελτιώσεως.

4. Επίσης να πραγματοποιηθεί κύκλωμα με ηλεκτρικό κινητήρα ως κατανάλωση και να επαναληφθούν οι μετρήσεις των περιπτώσεων 1, 2 και 3.

5. Να χρησιμοποιηθεί (αν υπάρχει στο εργαστήριο) ειδικός μετρητής του συντελεστή ισχύος ( $\cos \phi$ ) για τη μέτρησή του σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις. Να συγκριθούν οι τιμές των δύο διαφορετικών τρόπων και να δικαιολογηθούν τυχούσες διαφορές.



Σχ. 46.α.

## ΑΣΚΗΣΗ 47

### ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Ο παλμογράφος είναι ένα από τα πιο χρήσιμα όργανα ελέγχου σε όλα τα ηλεκτρονικά ή ηλεκτρολογικά εργαστήρια. Βοηθά κατά τρόπο πολύ αποτελεσματικό στον έλεγχο της καλής ή ελαττωματικής λειτουργίας των κυκλωμάτων μιας ηλεκτρικής συσκευής, εμφανίζοντας στην οθόνη τις μορφές και ακόμα και τα σχετικά μεγέθη τάσεων, που έπικρατούν σ' αυτά.

'Όταν γίνεται έλεγχος της λειτουργίας ενός κυκλώματος με τη βοήθεια του παλμογράφου, παρουσιάζεται στην οθόνη του, αφού γίνουν οι κατάλληλοι χειρισμοί των «κουμπιών», που βρίσκονται στην πρόσοψή του, η μορφή μιας μεταβαλλόμενης τάσεως, δηλαδή η καμπύλη μεταβολής της τάσεως συναρτήσει του χρόνου.

Με τον παλμογράφο δηλαδή επιτυγχάνεται ορατό αποτέλεσμα των μεταβολών μιας τάσεως. Και αφού μελετηθεί η μορφή της εμφανίζόμενης τάσεως, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για την καλή ή μη λειτουργία του εξεταζόμενου κυκλώματος.

Μερικές από τις απλούστερες και πιο συνηθισμένες εφαρμογές του παλμογράφου είναι: παρατήρηση, μέτρηση ή σύγκριση τάσεων, μέτρηση συχνότητας, μέτρηση διαφοράς φάσεως, έλεγχος και μέτρηση ενισχυτικής ικανότητας ενισχυτή ή βαθμίδας του, ανίχνευση σήματος, ευθυγράμμιση και συντονισμός ραδιοφωνικών δεκτών κ.λπ.

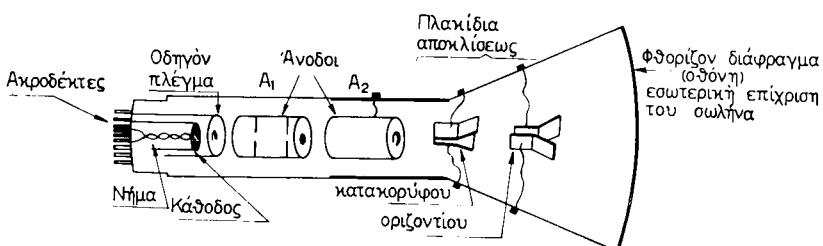
Το κύριο εξάρτημα κάθε παλμογράφου είναι ο καθοδικός σωλήνας (ή λυχνία καθοδικών ακτίνων), η οποία φαίνεται στο σχήμα 47.α.

'Όταν από την κάθοδο του καθοδικού σωλήνα εκπέμπονται ηλεκτρόνια, ένα μέρος από αυτά έλκεται και συλλέγεται από τις θετικές ανόδους. Τα υπόλοιπα όμως επιταχύνονται τόσο πολύ, ώστε, καθώς διέρχονται από τις οπές των ανόδων και σχηματίζουν δέσμη, πέφτουν στην οθόνη, που είναι επιχρισμένη εσωτερικά με φθορίζουσα ουσία, δηλαδή με ουσία, που έχει την ιδιότητα να εκπέμπει φως, όταν πέφτουν επάνω της ηλεκτρόνια. Έτσι στην οθόνη του καθοδικού σωλήνα, και ακριβέστερα στο σημείο της οθόνης, στο οποίο προσπίπτει η δέσμη των ηλεκτρονίων, εμφανίζεται ένα φωτεινό «στίγμα» (σχ.47.β).

'Όπως φαίνεται στο πλήρες σχήμα του καθοδικού σωλήνα, μετά τις ανόδους υπάρχουν και δύο ζεύγη μεταλλικών πλακιδίων, των πλακιδίων κατακόρυφης αποκλίσεως και οριζόντιας αποκλίσεως, τα οποία αποτελούν σπουδαιότατα εξαρτήματα του καθοδικού σωλήνα, γιατί ακριβώς σ' αυτά εφαρμόζονται οι διάφορες τάσεις των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, που πρόκειται να ελεγχθούν με τον καθοδικό παλμογράφο.

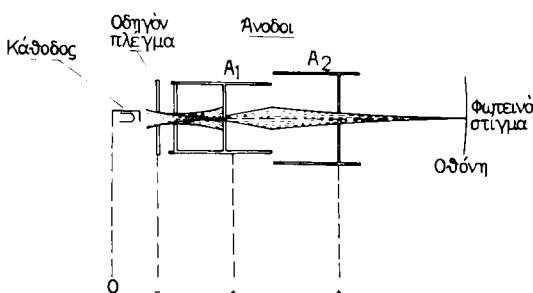
Πραγματικά οι τάσεις, που πρόκειται να παρατηρηθούν στην οθόνη, εφαρμόζονται στα πλακίδια αυτά, όπως δείχνει το απλό σχήμα 47. γ, και αναγκάζουν τη δέσμη (και επομένως και το φωτεινό στίγμα της οθόνης) να εκτρέπεται (να αποκλίνει) κάθετα και οριζόντια, ανάλογα πρες τη συνισταμένη των δυνάμεων έλξεως και απωθήσεως, που ασκούνται στα ηλεκτρόνια της δέσμης από τα ηλεκτρισμένα πλακίδια. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο οι μεταβολές των τάσεων, που εφαρμόζονται στα πλακίδια, σχηματίζονται στην οθόνη του καθοδικού σωλήνα.

Η πιο απλή καμπύλη, που μπορεί να παρουσιασθεί στην οθόνη του παλμογράφου, είναι η ημιτονική καμπύλη του εναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 47.δ). Για να εμφανισθεί όμως η καμπύλη αυτή, απαιτείται να δράσουν ταυτόχρονα ξ οι τάσεις



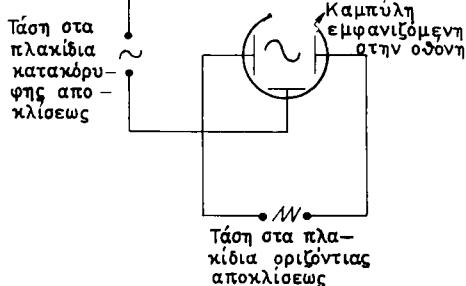
Σχ. 47.α.

Καθοδικός σωλήνας ή σωλήνας καθοδικών ακτίνων.

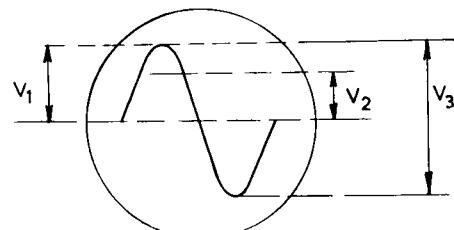


Σχ. 47.β.

Πορεία της δέσμης των ηλεκτρονίων μέσα στον καθοδικό σωλήνα.



Σχ. 47.γ.



Σχ. 47.δ.

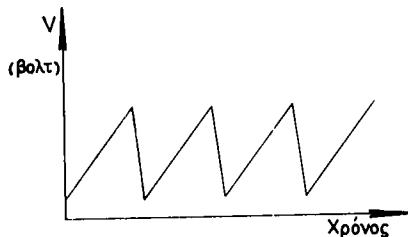
Μορφή ενός ημιτονικού κύματος της οθόνης παλμογράφου και σχετικά χαρακτηριστικά μεγέθη του

$V_1$  = μέγιστη τιμή.

$V_2$  = ενδεικνυμένη τιμή.

$V_3$  = τιμή από κορυφή σε κορυφή.

στον παλμογράφο. Η μία τάση είναι η (δια) η ημιτονική τάση, που πρόκειται να εμφανισθεί στην οθόνη και που εφαρμόζεται στα πλακίδια της κατακόρυφης αποκλίσεως. Η άλλη είναι μια βοηθητική τάση, που παράγεται μέσα στη συσκευή του παλμογράφου και έχει «πριονωτή» μορφή, εφαρμόζεται δε στα πλακίδια της οριζόντιας αποκλίσεως, για να εξαναγκάζει το στύγμα να κινείται οριζόντια (δεξιά-αριστερά) και ισοταχώς στην οθόνη (δηλαδή να «σαρώνει», όπως λέγεται την οθόνη), ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί και η τροχιά της τάσεως, που έχει εφαρμοσθεί στα πλακίδια της κατακόρυφης αποκλίσεως (σχ. 47.ε).



Σχ. 47.ε.

Τάση πριονωτής μορφής. Η τάση αυτή εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως και αναγκάζει το στύγμα να κινείται δεξιά-αριστερά.

Ωστε για να διαγράψει το στύγμα τη μορφή μιας τάσεως στην οθόνη, πρέπει απαραίτητα η ηλεκτρονική δέσμη να υπακούει όχι σε μια, αλλά σε δυο τάσεις. Πρώτα πρέπει να κινείται επάνω-κάτω, σύμφωνα με τις εναλλαγές της τάσεως, που πρόκειται να εξετασθεί και που εμφανίζεται στην οθόνη. Και δεύτερον πρέπει ταυτόχρονα να κινείται και οριζόντια από το δεξιά άκρο της οθόνης ισοταχώς προς το αριστερό και να επιστρέφει πάλι ταχύτατα στο αριστερό άκρο. Αυτή η οριζόντια ισοταχής κίνηση της δέσμης και συνεπώς και του στύγματος, που είναι απαραίτητη για την εμφάνιση οποιαδήποτε μορφής σήματος στην οθόνη, λέγεται **σάρωση**.

Η προετοιμασία κάθε παλμογράφου, προκειμένου να εμφανισθεί η μορφή μιας τάσεως στην οθόνη του, απαιτεί ορισμένους χειρισμούς. Στην άσκηση αυτή γίνεται εισαγωγή στο χειρισμό του παλμογράφου και σύντομη περιγραφή και ερμηνεία των σχημάτων, που εμφανίζονται στην οθόνη του. Δεν εξηγείται η λειτουργία των κυκλωμάτων του παλμογράφου, γιατί αυτό προϋποθέτει γνώσεις ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Τα κυριότερα ρυθμιστικά «κουμπιά» σε ένα παλμογράφο και η εργασία, που το καθένα εξυπηρετεί, εξηγούνται με συντομία στα επόμενα:

**Φωτεινότητα** (Intensity). Αυξάνει ή ελαττώνει τη φωτεινότητα του σήματος στην οθόνη. Επίσης, συνήθως στο κουμπί της φωτεινότητας είναι και ο διακόπητης αποκαταστάσεως και διακοπής του κυκλώματος τροφοδοτήσεως του παλμογράφου.

**Εστίαση του στύγματος** (Focus). Καθιστά λεπτότερο και ευκρινέστερο το στύγμα στην οθόνη.

**Κατακόρυφη τοποθέτηση του στύγματος** (Vertical position). Ρυθμίζει προς τα πάνω ή κάτω τη θέση του στύγματος στην οθόνη.

**Οριζόντια τοποθέτηση του στίγματος** (Horizontal position). Ρυθμίζει προς τα αριστερά ή δεξιά τη θέση του στίγματος.

**Κατακόρυφη ενίσχυση του σήματος** (Vertical gain). Ρυθμίζει το πλάτος της τάσεως της εφαρμοζόμενης στα πλακίδια κατακόρυφης αποκλίσεως και έτσι κανονίζει το ύψος του παλμογραφήματος στην οθόνη.

**Οριζόντια ενίσχυση** (Horizontal gain). Ρυθμίζει το πλάτος της τάσεως της εφαρμοζόμενης στα πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως και έτσι κανονίζει το πλάτος του παλμογραφήματος.

**Επιλογέας συχνότητας σαρώσεως** (Sweep frequency selector). Ρυθμίζει χονδρικά την περιοχή, στην οποία πρέπει να βρίσκεται η συχνότητα της οριζόντιας ισοταχους κινήσεως του στίγματος, δηλαδή η συχνότητα της σαρώσεως.

**Λεπτή ρύθμιση της συχνότητας σαρώσεως** (Frequency vernier). Ρυθμίζει με περισσότερη ακρίβεια τη συχνότητα της σαρώσεως.

**Επιλογέας συγχρονισμού** (Synchronization selector). Διορθώνει τη συχνότητα της σαρώσεως, ώστε το παλμογράφημα, που εμφανίζεται στην οθόνη, να παραμένει ακίνητο.

Στους διάφορους τύπους παλμογράφων συναντώνται τα ίδια σχεδόν ρυθμιστικά κουμπιά με ελαφρές αλλαγές στην ονομασία. Ακόμα μια καλή κατασκευή παλμογράφου θα περιλαμβάνει οπωσδήποτε και περισσότερα ρυθμιστικά κουμπιά. Καλή όμως γνώση ενός απλού παλμογράφου διευκολύνει στο χειρισμό οποιουδήποτε τύπου παλμογράφου συνθετότερης κατασκευής.

Εκτός από τους ρυθμιστές της λειτουργίας του παλμογράφου υπάρχουν στην πρόσοψή του και οι κατάλληλες υποδοχές για τη σύνδεση των σημάτων, που πρόκειται να εμφανισθουν στην οθόνη. Οι κυριότερες από τις υποδοχές αυτές είναι:

**Κατακόρυφη είσοδος** (Vertical input). Σ' αυτή την είσοδο συνδέεται το προς παρατήρηση σήμα.

**Οριζόντια είσοδος** (Horizontal input). Εδω συνδέεται εξωτερικό σήμα σαρώσεως, που πρόκειται να εφαρμοσθεί στα πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως, όταν δεν χρησιμοποιείται εσωτερική σάρωση.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

**Προσοχή.** Υπάρχει κίνδυνος να «καει» η οθόνη του παλμογράφου, αν το στίγμα της παραμείνει ακίνητο για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Με τον παλμογράφο χωρις τάση:

1. Να τοποθετηθουν ο «επιλογέας συχνότητας σαρώσεως» (Sweep selector) και η «λεπτή ρύθμιση συχνότητας σαρώσεως» (Sweep vernier) στο μέσο της διαδρομής τους.
2. Επίσης στο μέσο της διαδρομής να τοποθετηθουν οι ρυθμιστές (τα κουμπιά) οριζόντιας και κατακόρυφης αποκλίσεως (Horizontal και Vertical position).
3. Ο επιλογέας συγχρονισμού (Synchronization selector) να τοποθετηθεί στη θέση Int. (Internal, εσωτερικός), ώστε να λειτουργεί ο εσωτερικός συγχρονισμός. Ο απλός ρυθμιστής συγχρονισμού (Sync) να μείνει εντελως κλειστός.
4. Να τεθεί ο παλμογράφος υπό τάση.

Ο ρυθμιστής φωτεινότητας (Intensity) να τοποθετηθει περίπου στα 3/4 της διαδρομής του· ο ρυθμιστής κατακόρυφης ενισχύσεως (Vertical gain) να τοποθετηθει σχεδόν στη μέγιστη ένδειξη.

5. Ο ρυθμιστής οριζόντιας ενισχύσεως να τεθει επίσης στα 3/4 περίπου της διαδρομής του.

6. Αφού θερμανθεί για ένα-δυο λεπτά ο παλμογράφος, θα εμφανισθει στην οθόνη μια οριζόντια φωτεινή ευθεία. Η ευθεία αυτή σχηματίζεται από την ταχύτατη κίνηση του στιγματος δεξιά-αριστερά. Η κίνηση αυτή ειναι η σάρωση. Να ρυθμισθούν τα κουμπιά κατακόρυφης και οριζόντιας θέσεως, ώστε η φωτεινή ευθεία να τοποθετηθει στο μέσο της οθόνης.

7. Να γίνει λεπτή και ευκρινής η φωτεινή ευθεία με επέμβαση στους ρυθμιστές φωτεινότητας (Intensity) και εστιάσεως (Focus).

8. Να ρυθμισθει το πλάτος της ευθείας με επέμβαση στο ρυθμιστή της οριζόντιας ενισχύσεως (Horizontal gain).

9. Αφού ο Καθηγητής των Εργαστηρίων ελέγχει τη συντελεσθείσα εργασία, οι μαθητές κάθε ομάδας να ρυθμίσουν από μια φορά τουλάχιστο ο καθένας το σήμα της σαρώσεως στον παλμογράφο με τη σειρά εργασίας, που εκτέθηκε στα προηγούμενα.

10. Να γίνει εξέταση διαφόρων σημάτων. Για το σκοπό αυτό να συνδεθει ένα εναλλασσόμενο σήμα (π.χ. 6,3, βολτ από μετασχηματιστή) στην κατακόρυφη είσοδο (Vertical input).

11. Να ρυθμισθούν ο επιλογέας κατακόρυφης θέσεως (Vertical position selector) και ο κατακόρυφος ενισχυτής (Vertical gain), ώστε το σήμα να καλύψει το 80% περίπου της οθόνης σε ύψος.

12. Να τοποθετηθει ο επιλογέας συχνότητας σαρώσεως (Sweep selector) και να στραφει το κουμπί λεπτής ρυθμίσεως της συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier), ώστε να παρουσιασθούν δύο πλήρεις εναλλαγές της τάσεως του σήματος στην οθόνη.

13. Με το ρυθμιστή συγχρονισμου (Sync) να σταθεροποιηθει το σήμα στην οθόνη. Για πλήρη σταθεροποίηση ίσως χρειασθει επέμβαση και στο μικρομετρικό επιλογέα συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier). Μετά τη σταθεροποίηση να παρατηρηθούν οι μεταβολές στο σήμα, όταν μεταβάλλονται οι δύο ρυθμιστές συγχρονισμού.

14. Να γίνει έλεγχος των μεταβολών του σήματος (σε σταθεροποιημένη εικόνα), όταν μεταβάλλονται οι διάφοροι ρυθμιστές (ενισχύσεως, θέσεως κ.λπ.).

15. Με σταθεροποιημένο το σήμα στην οθόνη να γίνει επέμβαση στο μικρομετρικό ρυθμιστή συχνότητας σαρώσεως (Sweep vernier), και στόν επιλογέα συχνότητας σαρώσεως, ώστε να επιτευχθούν στην οθόνη διαδοχικά 1, 2, 3 και 4 εναλλαγές (πλήρη κύματα) της ημιτονικής καμπύλης.

16. Να διακοπει η σάρωση και να συνδεθει στην οριζόντια εισοδο (Horizontal input) εξωτερικό ημιτονικό σήμα από ένα ταλαντωτή χαμηλων συχνοτήτων. Να δοθουν διαδοχικά στην οριζόντια είσοδο συχνότητες 50, 100, 200 κ.λπ. Hz. Στην κατακόρυφη είσοδο παραμένει το ημιτονικό σήμα από το μετασχηματιστή των 6,3 V. Να παρατηρηθούν τα σχηματιζόμενα παλμογραφήματα (σχήματα Lissajous).

## ΑΣΚΗΣΗ 48

### ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΣΤΟΡ

Στην άσκηση 15 εξετάσθηκε το θέμα μεταβολής της αντιστάσεως των διαφόρων αγωγιμών υλικών με τη θερμοκρασία. Γενικά, η μεταβολή αυτή είναι εξαιρετικά μικρή για τα συνηθισμένα υλικά και τις περισσότερες από τις περιπτώσεις οι τιμές των αωμικών αντιστάσεων θεωρουνται σταθερές. Υπάρχουν όμως κυκλώματα, στα οποια απαιτείται σημαντική αύξηση ή ελάττωση της τιμής μιας αντιστάσεως με τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται ειδικές αντιστάσεις, που λέγονται **θερμίστορ**.

Τα θερμίστορ είναι πολύ ευαίσθητες στις μεταβολές της θερμοκρασίας αντιστάσεις. Ανήκουν στην κατηγορία των **ημιαγωγών** (ημιαγωγοί είναι σώματα που έχουν ιδιότητες μεταξύ αγωγών και μονωτικών). Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη μεταβολή της αντιστάσεώς τους με τη θερμοκρασία. Λόγω της μεταβολής αυτης της αντιστάσεως με τη θερμοκρασία, τα θερμίστορ λέγονται και **μη γραμμικές αντιστάσεις**, το χαρακτηριστικό δε αυτό τα καθιστα πολύ χρήσιμα για συστήματα ελέγχου κυκλωμάτων.

Τα θερμίστορ έχουν μικρό μέγεθος και βάρος και εργάζονται τόσο σε κυκλώματα συνεχους όσο και εναλλασσόμενου ρεύματος.

Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα θερμίστορ είναι εκείνα, που παρουσιάζουν μεγάλο αρνητικό συντελεστή αντιστάσεως, πράγμα που σημαίνει ότι η αντίστασή τους ελαττώνεται πολύ, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, και αντίθέτως, η αντίστασή τους αυξάνεται πολύ, όταν η θερμοκρασία ελαττώνεται. Υπάρχουν επίσης και θερμίστορ με θετικό θερμικό συντελεστή αντιστάσεως.

Στο διάγραμμα του σχήματος 48.α φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες μεταβολής της αντιστάσεως με τη θερμοκρασία: α) Ενός θερμίστορ και β) διαφόρων άλλων υλικών.

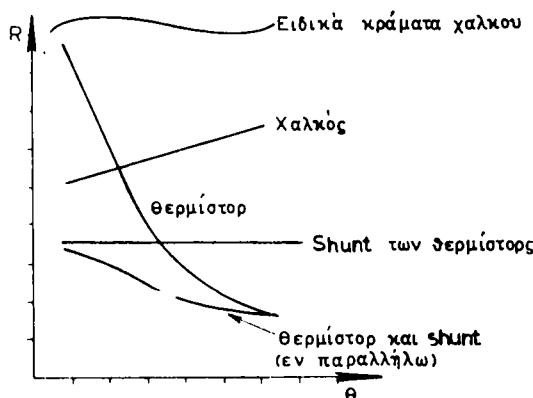
Πρακτική εκμετάλλευση των ιδιοτήτων των θερμίστορ γίνεται σε διάφορα κυκλώματα ραδιοφώνων και τηλεοράσεως. Κλασικό παράδειγμα είναι η σύνδεση ενός θερμίστορ σε σειρά με τα νήματα των λυχνιών ενός ραδιοφώνου, ή δέκτη τηλεοράσεως όπως φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 48.β.

Όταν αποκαθίσταται το κύκλωμα, κυκλοφορεί ρεύμα στα νήματα των λυχνιών, του είναι ακόμα ψυχρά. Λόγω της μικρής αντιστάσεως, που παρουσιάζουν τα νήματα σε ψυχρή κατάσταση, η ένταση του ρεύματός τους είναι μεγάλη και τα νήματα καταπονούνται. Αν όμως συνδεθεί ένα θερμίστορ σε σειρά με τα νήματα, το αρχικό ρεύμα περιορίζεται, γιατί η αντίσταση του θερμίστορ εν ψυχρω είναι μεγάλη. Όταν δε στη συνέχεια τα νήματα και το θερμίστορ θερμανθουν, η μεν

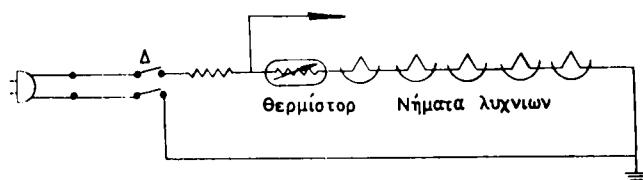
αντίσταση των νημάτων αυξάνεται, η δε αντίσταση του θερμίστορ ελαττώνεται, με αποτέλεσμα η ολική αντίσταση του κυκλώματος, νημάτων λυχνίων και θερμίστορ, να παραμένει σταθερή. Έτσι δεν κινδυνεύουν οι λυχνίες από το μεγάλο ρευμα, που θα διέρρεε τα νήματά τους κατά την αρχική σύνδεση.

Τα θερμίστορ επίσης χρησιμοποιούνται σε:

1. Κυκλώματα αγγελίας ενάρξεως πυρκαϊάς.
2. Πυρόμετρα.
3. Κυκλώματα ελέγχου κενού.
4. Διάφορους αυτόματους θερμικούς διακόπτες.
5. Όργανα ελέγχου στάθμης και ροής υγρών.
6. Ανιχνευτές διαφυγής αερίων κ.λπ.



Σχ. 48.α.



Σχ. 48.β.

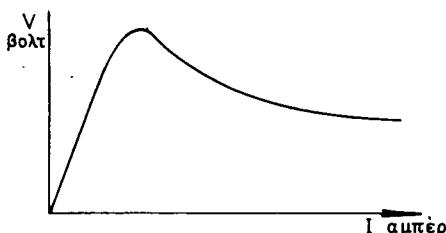
Με τη βοήθεια αντιστάσεων θερμίστορ, που συνδέονται σε ειδικά κυκλώματα, μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις μεταβολών της θερμοκρασίας μέχρι και 0.001 του ενός βαθμού Κελσίου.

Η χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής του ρεύματος με ένα θερμίστορ, σε συνάρτηση με την αντίστοιχη μεταβολή της τάσεως στα άκρα του, λέγεται **στατική χαρακτηριστική** και έχει τη μορφή της καμπύλης του διαγράμματος του σχήματος 48.γ.

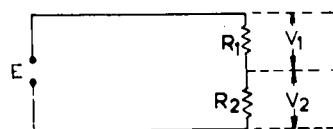
Το αποτέλεσμα της δράσεως ενός θερμίστορ στο κύκλωμα, στο οποίο αυτό συνδέεται, δεν εκδηλώνεται αμέσως, αλλά ύστερα από μικρό χρονικό διάστημα. Το

υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το θερμίστορ, καθώς και ο όγκος του, καθορίζουν το χρονικό αυτό διάστημα. Ένα μικρό σε όγκο θερμίστορ θερμαίνεται πλέον θερμότητα σε συντομότερο χρόνο από ένα μεγάλο.

Οι μεταβολές της τάσεως στα άκρα ενός θερμίστορ, που συνδέεται σε σειρά σε κύκλωμα, συναρτήσει του χρόνου (όταν η τάση της πηγής παραμένει σταθερή) δίνουν τη **δυναμική χαρακτηριστική** του.



Σχ. 48.γ.



Σχ. 48.δ.

## ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 48.δ και να μετρηθούν με ωμόμετρο οι αντιστάσεις του ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ), όταν αυτό βρίσκεται εκτός τάσεως (ψυχρή κατάσταση).

2. Να τροφοδοτηθεί το κύκλωμα της προηγούμενης περιπτώσεως από πηγή ρυθμιζόμενης τάσεως, συνεχούς ή εναλλασσόμενης. Να εφαρμοσθεί πρώτα τάση 50 V και να μετρηθούν αμέσως οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ) στα άκρα των αντιστάσεων ( $R_1$ ) και ( $R_2$ ).

3. Αφού παραμείνει το κύκλωμα συνεχώς για πέντε λεπτά υπό τάση, να μετρηθούν πάλι οι τάσεις ( $V_1$ ) και ( $V_2$ ). Όλες οι ενδείξεις των μετρήσεων να 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 να αντικατασταθεί η ( $R_1$ ) με ένα θερμίστορ. Να τροφοδοτηθεί το κύκλωμα με τάση 20 V και να μετρηθουν οι τάσεις ( $V_θ$ ) (στα άκρα του θερμίστορ) και ( $V_2$ ).

5. Οι μετρήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως να επαναληφθουν σε χρόνους: 0,5 — 1 — 1,5 — 2 — 2,5 — 3 — 4 και 5 λεπτών από την αρχική σύνδεση. Οι ενδείξεις των μετρήσεων να γραφούν στον επόμενο πίνακα.

6. Να αποσυνδεθεί η πηγή και να μετρηθεί αμέσως η αντίσταση, που παρουσιάζει το θερμίστορ.

7. Αφού περάσει αρκετός χρόνος (περίπου 10 λεπτά), ώστε να «κρυώσει» το

θερμίστορ, να συνδεθεί πάλι το κύκλωμα, να εφαρμοσθεί τάση 50 V και να πραγματοποιηθούν οι (διες μετρήσεις, όπως στην περίπτωση 5. Οι ενδείξεις των μετρήσεων να γραφούν στις σχετικές στήλες του προηγούμενου πίνακα.

Χρόνος (λεπτά)	Τάση πηγής = 20 V		Τάση πηγής = 50 V	
	V <sub>θ</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>θ</sub>	V <sub>2</sub>
0				
0,5				
1				
1,5				
2				
2,5				
3				
4				
5				

8. Να επαναληφθεί η μέτρηση της αντιστάσεως του θερμίστορ, όπως στην περίπτωση 6. Να συγκριθεί το αποτέλεσμα της μετρήσεως με εκείνο της περιπτώσεως 6, καθώς και της αντιστάσεως του θερμίστορ σε ψυχρή κατάσταση.

9. Από τις μετρήσεις των περιπτώσεων 5 και 7 να χαραχθουν, στο ίδιο διάγραμμα, οι δυναμικές χαρακτηριστικές του θερμίστορ για τις διαφορετικές τάσεις τροφοδοτήσεώς του, των 20 και 50 V.

10. Ποιά η τιμή της εντάσεως του ρεύματος που διαρρέει το θερμίστορ, όταν αυτό βρίσκεται σε ψυχρή και σε θερμή κατάσταση;

---

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

'Ασκηση 1.	Μέτρηση τάσεως .....	4
	Εργασία .....	4
'Ασκηση 2.	Μέτρηση εντάσεως ρεύματος .....	7
	Εργασία .....	8
'Ασκηση 3.	Μέτρηση αντιστάσεων .....	10
	Εργασία .....	12
'Ασκηση 4.	Ηλεκτρολογικά εξαρτήματα και σύμβολα .....	14
	Εργασία .....	14
'Ασκηση 5.	Ραδιοτεχνικά εξαρτήματα και σύμβολα .....	17
	Εργασία .....	17
'Ασκηση 6.	Ηλεκτρικό κύκλωμα - Νόμος του Ωμ .....	20
	Εργασία .....	21
'Ασκηση 7.	Ηλεκτρικό κολλητήρι .....	24
	Εργασία .....	27
'Ασκηση 8.	Ηλεκτρικό κύκλωμα .....	28
	Εργασία .....	28
'Ασκηση 9.	Ηλεκτρικό κύκλωμα .....	32
	Εργασία .....	32
'Ασκηση 10.	Ηλεκτρικό κύκλωμα .....	35
	Εργασία .....	35
'Ασκηση 11.	Προσδιορισμός της τιμής αντιστάσεως από το νόμο του Ωμ .....	38
	Εργασία .....	40
'Ασκηση 12.	Μέτρηση αντιστάσεων .....	42
	Εργασία .....	43
'Ασκηση 13.	Συνδεσμολογίες ηλεκτρικών πηγών .....	45
	Εργασία .....	47
'Ασκηση 14.	Υπολογισμός και κατασκευή προστατευτικής αντιστάσεως .....	50
	Εργασία .....	52
'Ασκηση 15.	Μεταβολή αντιστάσεως με τη θερμοκρασία .....	54
	Εργασία .....	55
'Ασκηση 16.	Κανόνες Κίρχωφ .....	57
	Εργασία .....	59
'Ασκηση 17.	Διαιρέτης τάσεως .....	61
	Εργασία .....	64
'Ασκηση 18.	Κυκλώματα διαιρετών τάσεων .....	66
	Εργασία .....	67
'Ασκηση 19.	Διαιρέτης ρεύματος .....	69
	Εργασία .....	72
'Ασκηση 20.	Αμπερόμετρα .....	74
	Εργασία .....	77
'Ασκηση 21.	Βολτόμετρα .....	79
	Εργασία .....	81
'Ασκηση 22.	Ωμόμετρα .....	83
	Εργασία .....	86
'Ασκηση 23.	Πολύμετρα .....	88
	Εργασία .....	90
'Ασκηση 24.	Γέφυρα Γουΐτστον (Wheatstone) .....	92

	Εργασία .....	93
'Ασκηση 25.	Ισχύς - Ενέργεια - Βαθμός αποδόσεως .....	95
	Εργασία .....	96
'Ασκηση 26.	Προσαρμογή πηγής προς το φορτίο που τροφοδοτεί .....	99
	Εργασία .....	105
	Ηλεκτρικές ασκήσεις .....	108
'Ασκηση 27.	Συνδεσμολογία απλού φωτιστικού σημείου .....	108
	Εργασία .....	108
'Ασκηση 28.	Συνδεσμολογία με διακόπητη εναλλαγής (commutateur) .....	110
	Εργασία .....	111
'Ασκηση 29.	Συνδεσμολογία με διακόπτες επιστροφής (aller-retour) .....	112
	Εργασία .....	113
'Ασκηση 30.	Εγκατάσταση ηλεκτρικής κουζίνας .....	114
	Εργασία .....	115
'Ασκηση 31.	Εγκατάσταση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα .....	116
	Εργασία .....	116
'Ασκηση 32.	Αυτεπαγωγή πηνίου .....	118
	Εργασία .....	119
'Ασκηση 33.	Πηνίο και αντίσταση εν σειρά .....	121
	Εργασία .....	123
'Ασκηση 34.	Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και αμοιβαία επαγωγή .....	125
	Εργασία .....	125
'Ασκηση 35.	Μετασχηματιστές .....	127
	Εργασία .....	130
'Ασκηση 36.	Αυτεπαγωγές (πηνία) εν σειρά και παράλληλα .....	132
	Εργασία .....	133
'Ασκηση 37.	Χωρητικότητα πυκνωτή .....	135
	Εργασία .....	136
'Ασκηση 38.	Πυκνωτής και αντίσταση εν σειρά .....	138
	Εργασία .....	139
'Ασκηση 39.	Χωρητικότητες (πυκνωτές) παράλληλοι και εν σειρά .....	141
	Εργασία .....	143
'Ασκηση 40.	Κύκλωμα αντιστάσεως πηνίου και πυκνωτή εν σειρά .....	145
	Εργασία .....	148
'Ασκηση 41.	Συντονισμός κυκλώματος RLC εν σειρά .....	150
	Εργασία .....	152
'Ασκηση 42.	Συντονισμός κυκλώματος RLC συνδεόμενου παράλληλα .....	154
	Εργασία .....	156
'Ασκηση 43.	Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα .....	158
	Εργασία .....	160
'Ασκηση 44.	Βαττόμετρα .....	162
	Εργασία .....	163
'Ασκηση 45.	Μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας .....	165
	Εργασία .....	166
'Ασκηση 46.	Βελτίωση του συντελεστή ισχύος (συνφ) .....	167
	Εργασία .....	168
'Ασκηση 47.	Παλμογράφος .....	170
	Εργασία .....	173
'Ασκηση 48.	Αντιστάσεις θερμίστορ .....	175
	Εργασία .....	177