

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1.1.- Αντιστάσεις.....	3
1.2.- Κώδικας χρωμάτων αντιστάσεων.....	4
1.3.- Σύνδεση αντιστάσεων	6
1.4.- Μέτρηση αντιστάσεων	8
Άσκηση 1 ^η (Άμεση μέτρηση αντιστάσεων με το ωμόμετρο).	12
2.1.- Ηλεκτρική τάση.....	14
2.2.-Βολτόμετρα.....	15
Άσκηση 2 ^η (Μέτρηση συνεχούς τάσεως).	19
3.1.- Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος.....	21
Άσκηση 3 ^η (Μέτρηση συνεχούς εντάσεως ρεύματος)	22
4.1.-Γέφυρες	
Άσκηση 4 ^η (Μέτρηση αντιστάσεων με τη γέφυρα Wheatstone)	24
5.1.-Νόμοι του Kirchhoff.....	26
Άσκηση 5 ^η (Πειραματική επαλήθευση των νόμων του Kirchhoff).	27
6.1.-Θεώρημα της υπερθέσεως ή της επαλληλίας	31
Άσκηση 6 ^η (Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος της υπερθέσεως).	31
7.1.-Θεώρημα του Thevenin	
Άσκηση 7 ^η (Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος του Thevenin).	33
8.1.-Θεώρημα του Norton	
Άσκηση 8 ^η (Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος του Norton).	37
9.1.-Απόδοση ισχύος σε κλειστό κύκλωμα	
Άσκηση 9 ^η (Πειραματική απόδειξη απόδοσης ισχύος)	40
10.1.-Μη γραμμικές αντιστάσεις	45
Άσκηση 10 ^η (Μεταβλητές αντιστάσεις).	45
11.1.-Το ηλεκτρομαγνητικό Relay	47
11.2.-Τύποι Relays και χρήσεις αυτών.	48
Άσκηση 11 ^η Πειραματική απόδειξη λειτουργίας των Relays).	
12.- Εισαγωγή στα Εναλλασσόμενα ρεύματα.....	53
13.1.-Επαγωγές και επαγωγικές αντιστάσεις	57
13.3.-Σχέσεις Φάσεως μεταξύ ρεύματος και τάσεως σε πηνίο.....	59

13,4.- Άσκηση 12 ^η	59
14.-Παλμογράφος καθοδικών ακτίνων και βοηθητικά μέρη αυτού.	65
14.1.-Γενικά.....	65
14.3.-Παλμογράφος Telequipment D54.....	69

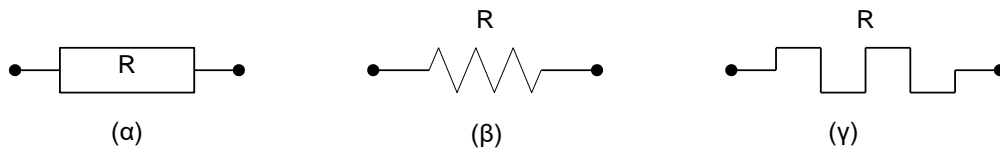
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

1.1.-Γενικά

Το φαινόμενο της μετατροπής ενός μέρους της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας διά μέσου ενός αγωγού σε θερμότητα, αποδίδεται σε μια χαρακτηριστική ιδιότητα των αγωγών που λέγεται **αντίσταση**.

Τα διάφορα υλικά παρουσιάζουν μικρότερη ή μεγαλύτερη αντίσταση όταν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα απ' αυτά. Το φαινόμενο αυτό εκμεταλλευόμαστε για να κατασκευάσουμε διάφορα εξαρτήματα για τον περιορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Τα εξαρτήματα αυτά ονομάζονται **αντιστάσεις** και χαρακτηρίζονται από την ωμική τιμή τους και από τη μέγιστη ισχύ που μπορούν να καταναλώσουν.

Υπάρχουν στο εμπόριο αντιστάσεις γραφίτου και μεταλλικές, που χαρακτηρίζονται από το υλικό που είναι κατασκευασμένες. Παριστάνονται γενικά με το γράμμα **R** του λατινικού αλφάβητου και μπορούμε να τις συναντήσουμε στα διάφορα κυκλώματα με τα σύμβολα του σχήματος 1.1(α,β,γ).



Σχ. 1.1

Οι αντιστάσεις μετρούνται σε ohm . Ένας αγωγός έχει αντίσταση ίση με ένα ohm όταν, στα άκρα του έχει διαφορά δυναμικού ενός volt και διαρρέεται από ρεύμα ενός ampere.

$$\left[1\text{ohm} = \frac{1\text{volt}}{1\text{ampere}} \right]$$

Στην πράξη χρησιμοποιούνται και πολλαπλάσια του ohm . Αυτά είναι:

1 daohm = 10 ohm = 10^1 ohm
1 hohm = 100 ohm = 10^2 ohm
1 kohm = 1000 ohm = 10^3 ohm
1 Mohm = 1000000 ohm = 10^6 ohm
1 Gohm = 1000000000 ohm = 10^9 ohm
1 Tohm = 1000000000000 ohm = 10^{12} ohm
1 Pohm = 1000000000000000 ohm = 10^{15} ohm
1 Eohm = 1000000000000000000 ohm = 10^{18} ohm

Προτού τελειώσει η γενική εισαγωγή πάνω στις αντιστάσεις πρέπει να πούμε ότι αυτές ταξινομούνται σε:

- α) Σταθερές
- β) Μεταβλητές
- γ) Ρυθμιζόμενες
- δ) Ενδιάμεσης λήψης
- ε) Αυτόματης ρύθμισης.

1.2.-Κώδικας χρωμάτων των αντιστάσεων

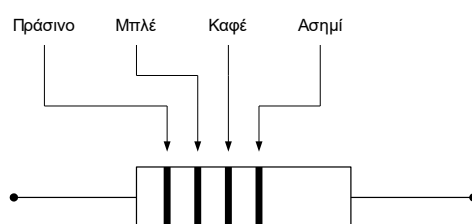
Η τιμή των σταθερών αντιστάσεων που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα συμβολίζονται συνήθως με τέσσερες ζώνες χρωμάτων οι οποίες μπαίνουν προς το ένα άκρο του σώματος της αντιστάσεως. Εάν κρατάει κανείς την αντίσταση όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2, η πρώτη ζώνη είναι το πρώτο ψηφίο του αριθμού που δίνει την τιμή της αντιστάσεως. Το χρώμα της δεύτερης ζώνης δίνει το δεύτερο ψηφίο του αριθμού αυτού, ενώ η τρίτη ζώνη δείχνει τον αριθμό των μηδενικών που πρέπει να ακολουθούν στα δύο πρώτα ψηφία. Έτσι με τις τρεις πρώτες ζώνες έχουμε την ωμική τιμή της αντιστάσεως. Η τέταρτη ζώνη μας δίνει την ανοχή της αντιστάσεως. Ανοχή είναι η απόκλιση που, από την κατασκευή τους, παρουσιάζουν οι αντιστάσεις από τις τιμές που αναγράφονται πάνω στο σώμα τους. Η ανοχή εκφράζεται επί τοις εκατό.

Φυσικά για να βρεθεί η τιμή μιας αντιστάσεως πρέπει να είναι γνωστός ο κώδικας των χρωμάτων, ο οποίος φαίνεται στον πίνακα 1.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2

Χρώμα	Πρώτη Ζώνη	Δεύτερη Ζώνη	Τρίτη Ζώνη	Τέταρτη Ζώνη
Μαύρο	0	0	-	-
Καφέ	1	1	0	1%
Κόκκινο	2	2	00	2%
Πορτοκαλλί	3	3	000	-
Κίτρινο	4	4	0.000	-
Πράσινο	5	5	00.000	-
Μπλέ	6	6	000.000	-
Μοβ	7	7	0.000.000	-
Γκρι	8	8	00.000.000	-
Άσπρο	9	9	000.000.000	-
Χρυσό	-	-	-	5%
Ασημί	-	-	-	10%
Χωρίς χρώμα	-	-	-	20%

Για παράδειγμα οι ζώνες της αντιστάσεως στο σχήμα 1.2 έχουν κατά σειρά τα εξής χρώματα:



Σχ. 1.2

Από τον κωδικό των χρωμάτων έχουμε:

1 ^η Ζώνη	Πράσινο	5
2 ^η Ζώνη	Μπλέ	6
3 ^η Ζώνη	Καφέ	ένα μηδενικό
4 ^η Ζώνη	Ασημί	10% (ανοχή).

Συνεπώς η ωμική τιμή της αντιστάσεως είναι 560Ω, και έχει 10% ανοχή.

Για μεγαλύτερη εξοικείωση των σπουδαστών με τον κώδικα των αντιστάσεων είναι καλό να πάρει ο καθένας δέκα αντιστάσεις από τα ΚΙΤΣ του εργαστηρίου και να βρεί την ωμική τους τιμή καθώς και την ανοχή αυτών, από τον κώδικα των χρωμάτων.

1.3 Σύνδεση αντιστάσεων.

Είναι πολλές φορές δυνατόν να καθορίσουμε μια τιμή αντιστάσεως που επιθυμούμε με την χρήση δύο ή και περισσότερων αντιστάσεων. Αυτό γίνεται με τη σύνδεση των αντιστάσεων αυτών σε σειρά, παράλληλα ή με το συνδιασμό σειράς και παράλληλου (μικτή σύνδεση).

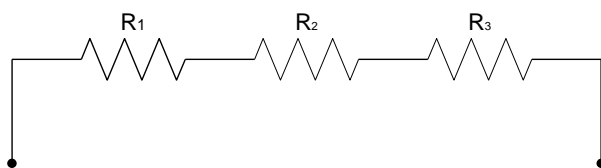
Στη σύνδεση σειράς το τέλος της πρώτης αντιστάσεως συνδέεται με την αρχή της δεύτερης. Το τέλος της δεύτερης με την αρχή της τρίτης κ.ο.κ. Έτσι παραμένουν ελεύθερα μόνον η αρχή της πρώτης και το τέλος της τελευταίας. Μία τέτοια συνδεσμολογία φαίνεται στο σχήμα 1.3-1, όπου είναι συνδεδεμένες οι τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 στη σειρά. Η ολική αντίσταση της συνδεσμολογίας αυτής είναι:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.3.1)$$

Όπως φαίνεται από την (1.3.1) στη σύνδεση σειράς η ολική αντίσταση είναι ίση με το άθροισμα των μερικών αντιστάσεων.

Στην παράλληλη σύνδεση, όλες οι αντιστάσεις έχουν δύο κοινά σημεία, που ονομάζονται κόμβοι. Σε ένα κόμβο καταλήγει η αρχή κάθε αντιστάσεως

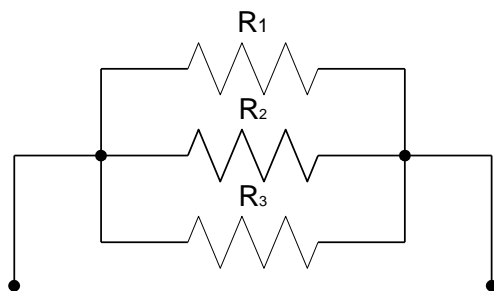
και στον άλλο το τέλος. Μια τέτοια συνδεσμολογία φαίνεται στο σχήμα 1.3-2, όπου είναι συνδεδεμένες παράλληλα οι τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 . Η ολική αντίσταση



Σχ.1.3-1

της παράλληλης συνδεσμολογίας δίδεται από τον τύπο:

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1.3.2)$$

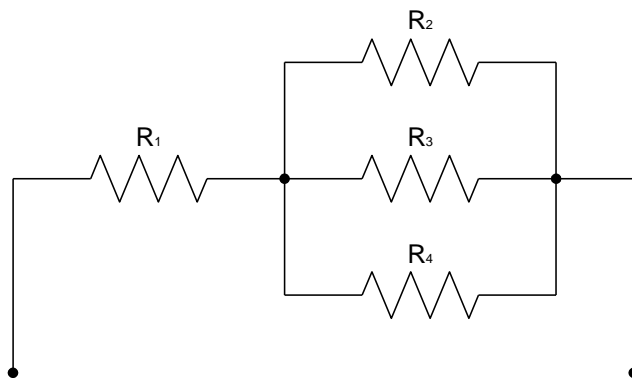


Σχ. 1.3-2

Άρα από το αντίστροφο της σχέσεως (1.3.2) προκύπτει η $R_{ολ}$.

Στην παράλληλη σύνδεση η $R_{ολ}$ είναι **πάντοτε μικρότερη** της μικρότερης αντιστάσεως της συνδεσμολογίας.

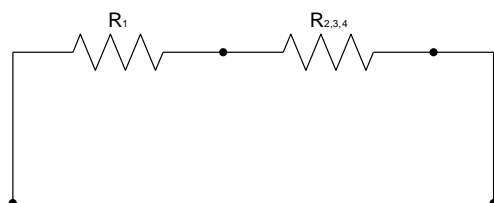
Συνδυάζοντας τις δύο προηγούμενες συνδεσμολογίες προκύπτει η μικτή σύνδεση αντιστάσεων. Μια μικτή σύνδεση αντιστάσεων έχουμε στο παρακάτω σχήμα 1.3-3.



Σχ. 1.3-3

Στη μική σύνδεση ισχύουν τα ίδια των δύο πρώτων συνδεσμολογιών. Για να βρεθεί η ολική αντίσταση, γίνεται πρώτα η αντικατάσταση της παράλληλης συνδεσμολογίας με την ισοδύναμή της και στη συνέχεια η αντικατάσταση της εν σειρά.

Άρα από την συνδεσμολογία του σχήματος 1.3-3 δι' αντικαταστάσεως της παράλληλης συνδεσμολογίας με την ισοδύναμό της προκύπτει ή του σχήματος 1.3-4,



Σχ. 1.3.4

και από την παραπάνω προκύπτει η $R_{ολ}$. Που είναι ίση με:

$$R_{ολ}=R_1+R_{2,3,4}$$

1.4 Μέτρηση Αντιστάσεων

Η ωμική τιμή των αντιστάσεων μπορεί να βρεθεί άμεσα ή έμμεσα.

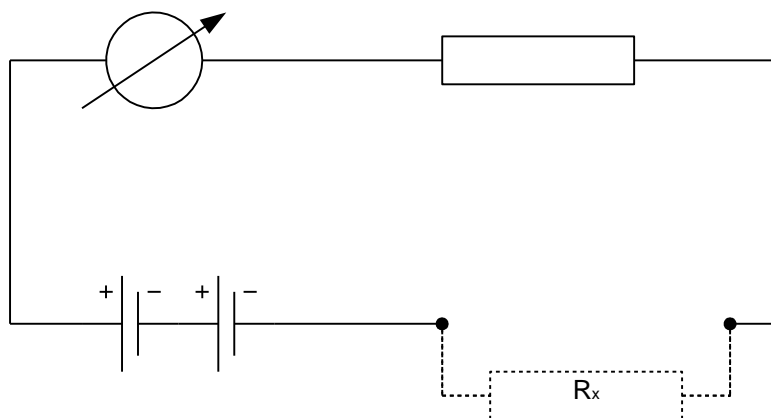
Άμεσα βρίσκεται όταν γίνεται η μέτρηση με ένα ωμόμετρο πάνω στη κλίμακα του οποίου διαβάζουμε απ' ευθείας την τιμή της άγνωστης αντιστάσεως.

Έμμεσα όταν το ζητούμενο μέγεθος βρίσκεται με υπολογισμό, ύστερα από μετρήσεις άλλων μεγεθών.

1.4.1 Ωμόμετρα

Τα ωμόμετρα είναι όργανα τα οποία μετρούν απ' ευθείας την ωμική τιμή αντιστάσεων ενός κυκλώματος. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ένα μιλλιαμπερόμετρο, το οποίο τροποποιείται κατάλληλα,

για μετρήσεις αντιστάσεων, από μια πηγή σταθερής τάσεως και από ένα ροοστάτη, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.4.1(1). Με τη βοήθεια του ροοστάτη επιτυγχάνεται ο μηδενισμός του μιλλιαμπερομέτρου



Σχ. 1.4.1(1)

Η παραπάνω διάταξη αποτελεί το βασικό κύκλωμα του ωμομέτρου τύπου σειράς και αυτό γιατί η προς μέτρηση αντίσταση συνδέεται σε σειρά με το όργανο (μιλλιαμπερόμετρο).

Υπάρχουν ωμόμετρα παράλληλης συνδεσμολογίας καθώς επίσης και μικτής. Στα ωμόμετρα σειράς η κλίμακα του καντράν τους είναι βαθμολογημένη λογαριθμικά, δηλαδή το μισό της αποστάσεως της κλίμακας δεν αντιστοιχεί στο μισό της τιμής αλλά περίπου στο 1/10 αυτής. Μια τέτοια κλίμακα φαίνεται στο σχήμα 1.4.1(2).

Σχ. 1.4.1(2)

Οι ενδείξεις των ωμομέτρων τύπου σειράς δεν είναι ακριβείας, παρ' όλα αυτά τα ωμόμετρα τύπου σειράς είναι πολύ διαδεδομένα γιατί έχουν χαμηλό κόστος και είναι αρκετά καλά για τον έλεγχο των κυκλωμάτων και των εγκαταστάσεων.

Στα ωμόμετρα παράλληλης συνδεσμολογίας η προς μέτρηση αντίσταση συνδέεται παράλληλα προς το όργανο (σχήμα 1.4.1(3)) και η κλίμακά του είναι γραμμικά βαθμολογημένη, δηλαδή το μισό της αποστάσεως της κλίμακας αντιστοιχεί στο μισό της τιμής, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.4.1(4).

Σχ. 1.4.1(3)

Τα ωμόμετρα παράλληλης συνδεσμολογίας είναι κατάλληλα για μετρήσεις μικρών τιμών αντιστάσεων και παρουσιάζουν και μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνα του τύπου σειράς.

Σχ. 1.4.1(4)

Οι κατασκευαστικοί οίκοι οργάνων πολλές φορές κατασκευάζουν ωμόμετρα μικτής συνδεσμολογίας, ώστε όταν η αντίσταση είναι μικρή να λειτουργούν σαν ωμόμετρα παραλλήλου τύπου και όταν η προς μέτρηση αντίσταση είναι μεγάλη να λειτουργούν σαν ωμόμετρα τύπου σειράς.

Γενικά τα ωμόμετρο δεν έχουν πολικότητα, δηλαδή όπως και αν συνδεθούν τα άκρα της προς μέτρηση αντιστάσεως στους ακροδέκτες του ωμόμετρου δεν έχει καμία σημασία. Στο παρακάτω σχήμα 1.4.1(5) φαίνεται το πολύμετρο TRIPLET 630 T3, με το μεταγωγικό διακόπτη σε κατάλληλη θέση ώστε να λειτουργεί σαν ωμόμετρο.

Είναι ένα ωμόμετρο τύπου σειράς.

Σχ. 1.4.(5)

ΑΣΚΗΣΗ 1^η

Άμεση μέτρηση αντιστάσεως με το ωμόμετρο (Πολύμετρο)

Σκοπός: Ο σκοπός της ασκήσεως αυτής είναι, η εξοικείωση των σπουδαστών με το ωμόμετρο ώστε να μπορούν να το χρησιμοποιούν με ευχέρεια για τον έλεγχο διαφόρων κυκλωμάτων και αντιστάσεων ως επίσης και για τις μετρήσεις των ωμικών τιμών αυτών.

Σύντομη Θεωρητική Ανάπτυξη

Είπαμε και στην παράγραφο 1.4 ότι, η άμεση μέτρηση αντιστάσεως γίνεται με το ωμόμετρο, πάνω στην κλίμακα του οποίου διαβάζουμε απ' ευθείας την τιμή της άγνωστης αντιστάσεως.

Παρακάτω θα δούμε τη χρήση του πολυμέτρου TRIPLET 630 T3, όταν αυτό λειτουργεί σαν ωμόμετρο.

Για τη μέτρηση μιας αντιστάσεως πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω πορεία εργασίας:

1. Ο μεταγωγικός διακόπτης του πολυμέτρου να τεθεί σε μία από τις ακόλουθες θέσεις, X1, X10, X1000, X100.000.
2. Οι ακροδέκτες να τεθούν, ο μεν μαύρου χρώματος στη θέση -COM ο δε κόκκινος στη θέση V-Ω-A. Αυτό δεν είναι υποχρεωτικό στις μετρήσεις αντιστάσεων αλλά συνήθως έτσι τοποθετούνται οι ακροδέκτες για να ελέγχεται με ευκολία η πολικότητα.
3. Βραχυκυκλώνονται τα άκρα των ακροδεκτών για να μηδενιστεί το όργανο με τη βοήθεια φυσικά και του ποτενσιομέτρου Ω ADJ.
4. Τοποθετούνται τα ελεύθερα άκρα των ακροδεκτών στα άκρα της μετρούμενης αντίστασης, με προσοχή ώστε να μη εφάπτονται στα χέρια διότι πολλές φορές έχει επίδραση πάνω στην αντίσταση.

Αφού γίνουν οι παρακάτω εργασίες η βελόνη του οργάνου θα αποκλίνει και θα σταθεροποιηθεί σε μια θέση. Η τιμή της αντιστάσεως θα διαβαστεί πάνω στο καντράν του οργάνου και πάνω στη κλίμακα του ohm. Εάν ο μεταγωγικός διακόπτης βρίσκεται στη θέση X1, τότε η ωμική τιμή της αντιστάσεως είναι ίση με τον αριθμό που δείχνει η βελόνη στο καντράν σε ohm. Εάν δηλαδή η βελόνη σταθεροποιηθεί στον αριθμό 10 της κλίμακας των ohm τότε η αντίσταση είναι ίση με 10 ohm. Εάν η αντίσταση είναι αρκετά μεγάλη και δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί η

ωμική τιμή της τότε μετακινούμε τον διακόπτη από τη θέση X1 σε μία τις άλλες θέσεις των ohm. Π.χ. στη θέση X1.000. Γίνεται ξανά ο μηδενισμός του οργάνου, όπως έγινε και προηγούμενα στη θέση X1 και επαναλαμβάνεται η μέτρηση. Η τιμή της μετρούμενης αντιστάσεως είναι ίση με τον αριθμό που δείχνει η βελόνη πάνω στη κλίμακα των ohm πολλαπλασιαζόμενη X1.000. Δηλαδή αν η βελόνη δείχνει τον αριθμό 10 η αντίσταση είναι ίση με $10 \times 1.000 = 10.000 \Omega$ ή $10k\Omega$. Το ίδιο γίνεται όταν ο μεταγωγικός διακόπτης βρίσκεται στη θέση X10 ή X100.000. Δηλαδή, ο αριθμός της κλίμακας πολλαπλασιάζεται επί 10 ή επί 100.000 αντίστοιχα.

Απαιτούμενα Υλικά

1. Ένα Πολύμετρο (Ωμόμετρο)
2. Αντιστάσεις διαφόρων τιμών

Πορεία Εργασίας

1. Παίρνουμε από το ΚΙΤ του εργαστηρίου τις προς μέτρηση αντιστάσεις και υπολογίζουμε την ωμική τους τιμή από των κώδικα των χρωμάτων.
2. Μετρούμε την ωμική τους τιμή με το ωμόμετρο ακολουθώντας την πορεία εργασίας που αναφέρθηκε παραπάνω.
3. Κάνουμε την σύγκριση των δύο τιμών.
4. Βρίσκουμε το απόλυτο σφάλμα του οργάνου από:

$$\text{Απόλυτο σφάλμα} = \text{Πραγματική Τιμή} - \text{Μετρηθείσα Τιμή}$$

όπου, για πραγματική τιμή παίρνουμε την τιμή των αντιστάσεων από τον κώδικα των χρωμάτων.

5. Βρίσκουμε το σχετικό σφάλμα του οργάνου από την σχέση:

$$\text{Σχετικό σφάλμα} = \frac{\text{Απολυτο Σφάλμα}}{\text{Πραγματική Τιμή}} \times 100\%$$

Ερωτήσεις

1. Ποιο είναι το απόλυτο σφάλμα ως και το σχετικό για τις μετρήσεις που έγιναν.
2. Εάν ο μεταγωγικός διακόπτης του οργάνου βρίσκεται στη θέση X1.000 και σε μια μέτρηση η βελόνη βρίσκεται στη θέση μηδέν, η αντίσταση είναι βραχυκυκλωμένη ή όχι;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Συνδυάζοντας την ηλεκτρονική ερμηνεία της ηλεκτρίσεως των σωμάτων και τα διάφορα πειράματα πάνω σ' αυτή, καταλήγουμε στο εξής συμπέρασμα:

«Τα ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία έλκονται μεταξύ τους ενώ τα ομώνυμα απωθούνται».

Πράγματι σε μια πηγή συνεχούς τάσεως τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια του αρνητικού πόλου αυτής έλκονται απ' τον θετικό πόλο και έχουν την τάση να κινηθούν προς αυτόν. Η τάση αυτή είναι η αιτία της μετακινήσεως των ηλεκτρονίων όταν υπάρχει αγωγίμος δρόμος.

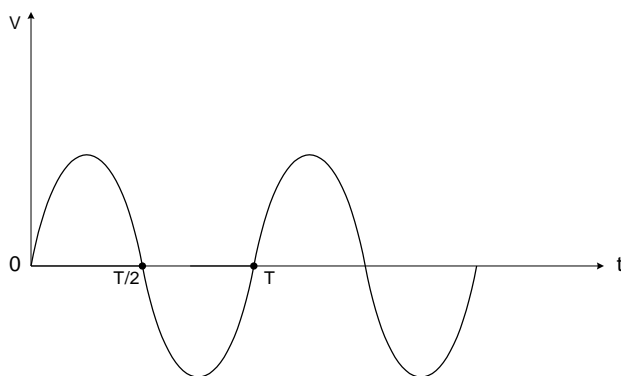
Η τάση σαν μέγεθος νοείται μεταξύ δύο σημείων τα οποία έχουν διαφορετικό δυναμικό. Εάν δηλαδή ενωθούν δύο σημεία διαφορετικού δυναμικού με ένα αγωγό, από τον αγωγό αυτό θα περάσει ηλεκτρικό ρεύμα.

Συνοψίζοντας μπορεί να λεχθεί ότι ηλεκτρική τάση είναι αιτία γεννήσεως ρεύματος σε ένα αγωγό, οφείλεται δε στο γεγονός ότι τα ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

Την ηλεκτρική τάση την συναντούμε σε δύο μορφές:

1. Συνεχή.
2. Εναλλασσόμενη

Η συνεχή έχει σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα την πολικότητα και την σταθερή τιμή, ενώ η εναλλασσόμενη χαρακτηρίζεται από μια περιοδική μεταβολή συναρτήσει του χρόνου και από το μέγιστο πλάτος. Μια σχηματική παράσταση της εναλλασσόμενης τάσεως φαίνεται στο σχήμα 2.1(1).



Σχ. 2.1(1)

Η συνεχή τάση διεθνώς συμβολίζεται με DC (Direct Current) η δε εναλλασσόμενη με AC (Alternative Current).

Μονάδα μετρήσεως της ηλεκτρικής τάσεως είναι το volt. Λέγεται Δε ότι υπάρχει τάση από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β ίση με ένα volt, όταν θετικό ηλεκτρικό φορτίο ενός coulomb μετακινούμενο από το σημείο Α στο σημείο Β αποδίδει έργο ίσο με ένα joule. Στη πράξη χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του volt:

$$1 \text{ Κίλοβολτ (1kV)}=1.000\text{V}=10^3\text{V}$$

$$1 \text{ Μέγαβολτ (1MV)}=1.000.000\text{V}=10^6\text{V}$$

$$1 \text{ Μίλλιβολτ (1mV)}=\frac{1}{1.000} \text{V} = 10^{-3}\text{V}$$

$$1 \text{ Μίκροβολτ (1}\mu\text{V)}=\frac{1}{1.000.000} \text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

Την ηλεκτρική τάση ή την διαφορά δυναμικού την μετράμε με ειδικά όργανα τα οποία λέγονται βολτόμετρα και τα οποία θα δούμε παρακάτω.

2.2. ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

Τα βολτόμετρα είναι όργανα κατάλληλα για την μέτρηση τάσεων. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ένα μιλλιαμπερόμετρο σαν βασικό όργανο. Το βασικό αυτό όργανο χρειάζεται ένα πολύ μικρό συνεχές ρεύμα (i) για την πλήρη απόκλιση της βελόνης του. Εάν (ρ) είναι η εσωτερική αντίσταση του βασικού οργάνου, το γινόμενο ρi δίνει την απαιτούμενη τάση για την πλήρη απόκλιση. Δηλαδή εάν ρ=100Ω και i=0,0002 A τότε:

$$V=\rho i=100.0,0002=0,2\text{volt}$$

Άρα, με τάση 0,2volt η βελόνη θα έχει πλήρη απόκλιση. Εάν αντί αυτής της τάσεως εφαρμοσθεί το μισό αυτής δηλαδή 0,1volt τότε η βελόνη θα αποκλίνει ως το μέσον της προηγούμενης κλίμακας. Επομένως οι αποκλίσεις της βελόνης είναι ανάλογες της τάσεως που εφαρμόζεται στα άκρα του βασικού οργάνου.

Στην περίπτωση που χρειασθεί να μετρηθεί τάση μεγαλύτερη από 0,2V, τότε γίνεται ο λεγόμενος πολλαπλασιασμός της κλίμακας, συνδέοντας σε σειρά προς το όργανο μία εξωτερική αντίσταση κατάλληλης τιμής, σχήμα 2.



Σχ. 2

Τότε το μεγαλύτερο μέρος της τάσης πέφτει πάνω στην εξωτερική αντίσταση και στο βασικό όργανο εφαρμόζεται πάλι τάση το πολύ ίση με την τάση που χρειάζεται για την πλήρη απόκλιση της βελόνης αυτού. Η αντίσταση που συνδέεται σε σειρά με το

βασικό όργανο για τη δημιουργία μεγαλύτερης κλίμακας μετρήσεων λέγεται

προστατευτική αντίσταση, η δε τιμή της βρίσκεται από το τύπο:

$$R = \frac{V}{i} - \rho$$

όπου, V είναι η τάση που θέλουμε να μετρήσουμε.

i είναι το συνεχές ρεύμα που χρειάζεται για την πλήρη απόκλιση της βελόνης του οργάνου.

και ρ είναι η εσωτερική αντίσταση του οργάνου.

Αν λοιπόν χρειασθεί με το παραπάνω βασικό όργανο να μετρήσουμε τάση 10volt η προστατευτική αντίσταση που πρέπει να συνδεθεί σε σειρά με αυτό είναι ίση:

$$R = \frac{V}{i} - \rho = \frac{10}{0,002} - 100 = 4.900\Omega$$

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των βολτομέτρων είναι η **ευαισθησία** τους. Όσο μικρότερο είναι το ρεύμα που χρειάζεται για την πλήρη απόκλιση του βασικού οργάνου τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία του βολτομέτρου. Η **ευαισθησία** εκφράζεται σε Ω/V . Ο όρος Ω/V δείχνει την τιμή της εσωτερικής αντιστάσεως του βολτομέτρου που αντιστοιχεί σε κάθε volt της κλίμακάς του. Εάν συγκεκριμένα οι οδηγίες ενός βολτομέτρου λένε ότι, η ευαισθησία αυτού είναι 20.000 Ω/V , αυτό σημαίνει ότι αν η μέτρηση γίνεται στη κλίμακα των 12volt, η αντίσταση που παρουσιάζει το βολτόμετρο στους ακροδέκτες του είναι:

$$R=20.000 \times 12=240.000 \Omega=240k\Omega$$

Εάν η μέτρηση γίνεται στη κλίμακα των 300volt, η αντίσταση που παρουσιάζεται στους ακροδέκτες του είναι:

$$R=20.000 \times 300=6.000.000\Omega=6M\Omega$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι, όταν αυξάνεται η κλίμακα μετρήσεως αυξάνεται και η αντίσταση που παρουσιάζεται στους ακροδέκτες του βολτομέτρου. Όσο περισσότερα είναι τα Ω/V ενός βολτομέτρου τόσο μεγαλύτερης ευαισθησίας είναι αυτό, αλλά και καλλίτερης ποιότητας.

Γενικά, για τη μέτρηση τάσεως μεταξύ δύο σημείων σε ένα κύκλωμα, το

βολτόμετρο συνδέεται όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2(2).

Σχ. 2.2(2)

Δηλαδή συνδέεται **πάντοτε παράλληλα** προς το τμήμα του κυκλώματος πάνω στο οποίο μετράμε την πτώση της τάσης.

Για μετρήσεις συνεχούς τάσεως χρησιμοποιούνται βολτόμετρα συνεχούς ρεύματος και για εναλλασσόμενης χρησιμοποιούνται βολτόμετρα εναλλασσομένου ρεύματος, τα οποία δεν είναι τίποτε άλλο παρά τα ίδια βολτόμετρα συνεχούς με τα την μόνη διαφορά ότι η εναλλασσόμενη τάση πριν εφαρμοσθεί στο βασικό όργανο του βολτόμετρου ανορθώνεται από μια ειδικά βαλμένη μέσα στο βολτόμετρο διάταξη. Στα παρακάτω σχήματα 2,2(3) και 2.2(4) εικονίζεται το πολύμετρο TRIPLET 630 T3 με το μεταγωγικό διακόπτη σε τέτοια θέση ώστε να λειτουργεί σαν βολτόμετρο συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος αντίστοιχα.

Σχ. 2.2(3)

Σχ. 2.2(4)

ΑΣΚΗΣΗ 2^η

Μέτρηση Συνεχούς Τάσεως

Σκοπός: Ο σκοπός της άσκησης αυτής είναι η εξοικείωση των σπουδαστών με το όργανο του βολτομέτρου συνεχούς τάσεως.

Σύντομη Θεωρητική ανάπτυξη

Για τις μετρήσεις συνεχούς τάσεως χρησιμοποιείται ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως στην κλίμακα του οποίου διαβάζουμε απ' ευθείας την τιμή της άγνωστης τάσεως. Παρακάτω θα δούμε την χρήση του πολυμέτρου TRIPLET 630 T3, όταν αυτό λειτουργεί σαν βολτόμετρο DC.

Για την μέτρηση μιας συνεχούς τάσεως πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω πορεία εργασίας:

1. Ο μεταγωγικός διακόπτης του πολυμέτρου πρέπει να τεθεί σε μία από τις ακόλουθες θέσεις, 3, 12, 60, 300, ή 1200/6000 DC volt.
2. Οι ακροδέκτες του πολυμέτρου να τεθούν, ο μόν μαύρου χρώματος στη θέση - COM ο δε κόκκινος στη θέση V-Ω-A. Αυτό είναι καλό να τηρείται για να γίνεται με μεγαλύτερη ευκολία ο έλεγχος της πολικότητας, η οποία στα συνεχή ρεύματα έχει μεγάλη σημασία, διότι εάν οι ακροδέκτες του οργάνου τεθούν ανάποδα τότε η βελόνη θα κλίνει προς τα αριστερά και αν η τάση είναι μεγάλης τιμής μπορεί να καταστραφεί η βελόνη.
3. Τοποθετούνται τα ελεύθερα άκρα των ακροδεκτών στα σημεία της προς μέτρηση πηγής ή στα σημεία του κυκλώματος στα οποία θέλουμε να βρούμε την διαφορά δυναμικού, με προσοχή ώστε να μην εφάπτονται στα χέρια. Πρέπει εδώ να υπενθυμίσουμε ότι το βολτόμετρο συνδέεται πάντοτε παράλληλα προς το τμήμα του κυκλώματος πάνω στο οποίο μετράται η πτώση τάσεως.

Αφού γίνουν οι παραπάνω εργασίες η βελόνη του οργάνου θα αποκλίνει και θα σταθεροποιηθεί σε μια θέση. Η τιμή της τάσεως θα διαβαστεί πάνω στο καντράν του οργάνου και στην αντίστοιχη κλίμακα των volt. Στο καντράν του οργάνου υπάρχουν τρεις κλίμακες για DC volt, οι οποίες αντιστοιχούν στις θέσεις του μεταγωγικού διακόπτη ή προσαρμόζονται σ' αυτές. Εάν π.χ. ο μεταγωγικός διακόπτης βρίσκεται στη θέση 3, η μέγιστη τάση που μπορεί να μετρήσει το βολτόμετρο είναι 3 volt, η δε αντίστοιχη κλίμακα είναι η από 0 έως 300 volt αφού διαιρεθεί δια του 100. Εάν η βελόνη δείχνει τον αριθμό 150 της κλίμακας τότε η τάση είναι 1,5 volt. Εάν η προς μέτρηση τάση είναι μεγαλύτερη των τριών volt γυρίζουμε τον μεταγωγικό διακόπτη στη θέση των 12 volt DC για να έχουμε μέγιστη επιτρεπόμενη τάση 12 volt η δε κλίμακα που αντιστοιχεί σ' αυτή τη θέση είναι η από 0 έως 12 volt. Αν δηλαδή η βελόνη δείχνει τον αριθμό 4 η τάση είναι ίση με 4volt. Εάν η προς μέτρηση τάση είναι μεγαλύτερη των 12 volt ο διακόπτης τοποθετείται στην θέση των 60 volt DC, ώστε να έχουμε μέγιστη τάση 60 volt η δε κλίμακα είναι η από 0 έως 60 volt. Εάν δηλαδή η βελόνη δείχνει τον αριθμό 40 η τάση είναι 40V. Το ίδιο γίνεται και με την θέση των 300 volt που αντιστοιχεί στην κλίμακα από 0 έως 300 volt.

Για τάσεις μεγαλύτερες των 300 volt υπάρχει ακόμα μια θέση του οργάνου για μετρήσεις μέχρι 1200 ή 6.000 volt. Εάν χρειασθεί να μετρηθεί μια τάση από 300 έως 1200 volt ο μεταγωγικός διακόπτης τοποθετείται στην θέση 1200/6000 DC volt. Στη θέση αυτή του μεταγωγικού διακόπτη αντιστοιχεί η κλίμακα από 0 έως 12 volt πολλαπλασιαζόμενη επί 100. Εάν δε η τάση είναι μεγαλύτερη από 1200 volt τότε ο μεταγωγικός διακόπτης τοποθετείται πάλι στην θέση 1200/6000 DC volt, αλλά ο κόκκινος ακροδέκτης του οργάνου τοποθετείται στη θέση 6.000 DC volt, η δε αντίστοιχη κλίμακα του καντράν είναι η από 0 έως 60 πολλαπλασιαζόμενη επί 100.

Όταν δεν είναι γνωστά τα μεγέθη των τάσεων που πρόκειται να μετρηθούν πρέπει πάντοτε να ξεκινούν οι μετρήσεις από την μεγαλύτερη θέση του μεταγωγικού διακόπτη και ανάλογα με την περίπτωση να κατεβαίνει στη κατάλληλη θέση.

Απαιτούμενα υλικά

1. Ένα πολύμετρο (Βολτόμετρο)
2. Μία πηγή συνεχούς τάσεως.
3. Αντιστάσεις διαφόρων τιμών.
4. Βραχυκυκλωτήρες.

Πορεία εργασίας

1. Παίρνουμε την πηγή συνεχούς τάσεως και τοποθετώντας τα ελεύθερα άκρα του βολτόμετρου στις υποδοχές εξόδου της πηγής προσέχοντας την πολικότητα, βρίσκουμε την τιμή της τάσεως ακολουθώντας τα όσα αναφέρθηκαν στη θεωρητική ανάπτυξη.
2. Πραγματοποιούμε την μικτή σύνδεση αντιστάσεων του σχήματος 1.3-3.
3. Τροφοδοτούμε το παραπάνω κύκλωμα με συνεχή τάση.
4. Βρίσκουμε την πτώση τάσεως επί των αντιστάσεων του κυκλώματος ακολουθώντας την σχετική προς μέτρηση εργασία.

ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ηλεκτρικό ρεύμα καλείται η ροή ηλεκτρικού φορτίου δια μέσου ενός αγωγού. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι άμεση συνέπεια του φυσικού νόμου της προς αλληλεξουδετέρωση τάσεως που παρουσιάζουν τα αντίθετα ηλεκτρικά φορτία και η οποία σταματά να υπάρχει την στιγμή που γίνει η αλληλεξουδετέρωση αυτή. Για να γίνει η στιγμιαία αυτή ροή του ηλεκτρικού ρεύματος συνεχής, χρειάζεται μια συσκευή η οποία θα ανανεώνει τα αντίθετα φορτία, δηλαδή χρειάζεται μια πηγή συνεχούς ρεύματος.

Στο ηλεκτρικό ρεύμα μας ενδιαφέρει περισσότερο η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που διέρχεται από τη διατομή ενός αγωγού στην μονάδα του χρόνου.

Ονομάζεται ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος η ανά μονάδα χρόνου ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που διέρχεται από μια διατομή αγωγού κάθετου στη διεύθυνση του ρεύματος. Δηλαδή:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Μονάδα εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος είναι το αμπέρ. Λέγεται δε ότι έχουμε ένταση ρεύματος ενός (1) αμπέρ όταν δια μιας διατομής ενός αγωγού διέρχεται φορτίο 1 Cb σε χρόνο 1 s.

Συνήθως χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσια του αμπέρ που είναι:

$$1 \text{ Μιλιαμπέρ (1mA)} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ Μίκροαμπέρ (1}\mu\text{A)} = 10^{-6} \text{ A}$$

Την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος την συναντούμε σε δύο μορφές:

- 1.- Συνεχή
- 2.- Εναλλασσόμενη

Η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με τα **αμπερόμετρα**. Τα όργανα αυτά συνδέονται **πάντοτε εν σειρά** προς την αντίσταση ή γενικά προς οιονδήποτε καταναλωτή δια μέσου του οποίου περνά το προς μέτρηση ρεύμα. Δηλαδή για μετρήσεις ρεύματος διακόπτεται το κύκλωμα και παρεμβάλλεται το όργανο του αμπερομέτρου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.3(1).

Στο σχήμα 3.3(2) φαίνεται το πολύμετρο TRIPLET 630 T3 με το μεταγωγικό διακόπτη σε τέτοια θέση ώστε να λειτουργεί σαν αμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος.

Σχ. 3.3(2)

ΑΣΚΗΣΗ 3^η

Μέτρηση Συνεχούς Εντάσεως Ρεύματος

Σκοπός: Ο σκοπός της άσκησης αυτής είναι η εξοικείωση των σπουδαστών με το όργανο του αμπερομέτρου συνεχούς ρεύματος.

Σύντομη Θεωρητική Ανάπτυξη

Για μετρήσεις συνεχούς εντάσεως ρεύματος χρησιμοποιείται το αμπερόμετρο συνεχούς πάνω στη κλίμακα του οποίου διαβάζουμε απ' ευθείας την τιμή της άγνωστης έντασης ρεύματος. Παρακάτω θα δούμε την χρήση του πολυμέτρου TRIPLET 630 T3, όταν αυτό λειτουργεί σαν αμπερόμετρο συνεχούς (DC).

Για την μέτρηση μιας συνεχούς εντάσεως ρεύματος πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία:

1. Ο μεταγωγικός διακόπτης του πολυμέτρου να τεθεί σε μια από τις ακόλουθες θέσεις, 60mA 1,2-12-120mA ή 12 A.
2. Οι ακροδέκτες του πολυμέτρου να τεθούν, ο μεν μαύρου χρώματος στη θέση - COM ο δε κόκκινου στη θέση V-Ω-A.
3. Τοποθετούνται τα ελεύθερα άκρα των ακροδεκτών του οργάνου σε σημεία του κυκλώματος τέτοια ώστε το αμπερόμετρο να τεθεί εν σειρά με την αντίσταση δια μέσου της οποίας διέρχεται το ρεύμα του οποίου ζητείται να βρεθεί η ένταση.

Αφού γίνουν οι παρακάτω εργασίες η βελόνη του οργάνου θα αποκλίνει και θα σταθεροποιηθεί σε μια θέση. Η τιμή της εντάσεως του ρεύματος θα διαβαστεί πάνω στην αντίστοιχη κλίμακα του οργάνου. Στο καντράν του οργάνου υπάρχουν δύο κλίμακες για DC ampere, οι οποίες αντιστοιχούν στις θέσεις του μεταγωγικού διακόπτη ή προσαρμόζονται σ' αυτές. Εάν π.χ. η μεταγωγικός διακόπτης βρίσκεται στη θέση 60mA, η μέγιστη ένταση που μπορεί να μετρήσει το όργανο είναι 60mA ή δε αντίστοιχη κλίμακα είναι η από 0 έως 60. Δηλαδή, εάν η βελόνη δείχνει τον αριθμό 35 της κλίμακας τότε η ένταση είναι 35mA. Εάν η προς μέτρηση ένταση είναι μεγαλύτερη των 60mA, γυρίζουμε το μεταγωγικό διακόπτη στη θέση 1,2mA για να έχουμε μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση 1,2mA η δε αντίστοιχη κλίμακα είναι η από 0 έως 12 διαιρούμενη δια 10. Δηλαδή, εάν η βελόνη δείχνει τον αριθμό 6 στην κλίμακα, η ένταση είναι 0,6mA. Αν η ένταση είναι μεγαλύτερη των 1,2mA, τότε γυρίζουμε τον μεταγωγικό διακόπτη από τις θέσεις μεγαλύτερης επιτρεπόμενης εντάσεως. Δηλαδή στις 12, 120mA ή στην 12 A. Προσαρμόζοντας φυσικά πάντα την αντίστοιχη κλίμακα.

Όταν δεν είναι γνωστά τα μεγέθη των εντάσεων που πρόκειται να μετρηθούν πρέπει πάντοτε να ξεκινούν οι μετρήσεις από τη θέση 12 A του μεταγωγικού διακόπτη.

Απαιτούμενα υλικά

1. Ένα Πολύμετρο (Αμπερόμετρο)
2. Μία πηγή συνεχούς τάσεως
3. Αντιστάσεις διαφόρων τιμών
4. Βραχυκυκλωτήρες.

Πορεία Εργασίας

1. Πραγματοποιούμε τη μικτή σύνδεση αντιστάσεων του σχήματος 1-3(3).
2. Τροφοδοτούμε το παραπάνω κύκλωμα με συνεχή τάση
3. Βρίσκουμε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους διάφορους κλάδους του κυκλώματος ακολουθώντας την σχετική προς μέτρηση εργασία.

ΓΕΦΥΡΕΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι γέφυρες είναι τα πιο χρήσιμα κυκλώματα στη τεχνική των μετρήσεων. Έχουν πολύ καλή ευαισθησία και μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις αντιστάσεων, χωρητικότητας και αυτεπαγωγών. Με κατάλληλες τροποποιήσεις του κυκλώματος των γεφυρών αυτών είναι δυνατόν να μας εξυπηρετήσουν για τον καθορισμό της σύνθετης αντίστασης και της συχνότητας. Επίσης μπορούν να μας δώσουν τον συντελεστή ισχύος, τον συντελεστή απωλειών, τον συντελεστή ποιότητας και τη γωνία φάσεως.

Η ακρίβεια των μετρήσεων στις γέφυρες οφείλεται στο μηδενισμό του ενδεικτικού οργάνου και στην απ' ευθείας σύγκριση της άγνωστης ποσότητας προς πρότυπες μονάδες.

Όλες οι γέφυρες αποτελούνται από τέσσερις κλάδους, συνδεδεμένους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν ρόμβο και πηγή ρεύματος συνδεδεμένη στα δύο διαγώνια άκρα ως επίσης και από ένα ενδεικτικό όργανο συνδεδεμένο στα άλλα δυο διαγώνια άκρα. Οι γέφυρες βασικά στηρίζονται στο μηδενισμό του ενδεικτικού οργάνου, είτε τροφοδοτούνται με συνεχές είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα. Όταν τροφοδοτούνται με συνεχές το ενδεικτικό όργανο είναι ένα γαλβανόμετρο, ενώ στο εναλλασσόμενο μπορεί να είναι ένας παλμογράφος, ακουστικά ή μία ενδεικτική λάμπα.

Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με τις γέφυρες συνεχούς ρεύματος και ειδικότερα με τη γέφυρα WEATSTONE για μετρήσεις αντιστάσεων.

ΑΣΚΗΣΗ 4^η

Μέτρηση αντιστάσεως με τη γέφυρα WEATSTONE

Σκοπός: Πρόκειται για τη μέτρηση αντιστάσεως με τη κλασσική μέθοδο της γέφυρας WEATSTONE

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Γενικά είπαμε ότι οι γέφυρες έχουν μεγάλη ακρίβεια και πάρα πολύ καλή ευαισθησία στις μετρήσεις. Η γέφυρα WEATSTONE χρησιμοποιείται για μετρήσεις ακριβείας των ωμικών αντιστάσεων.

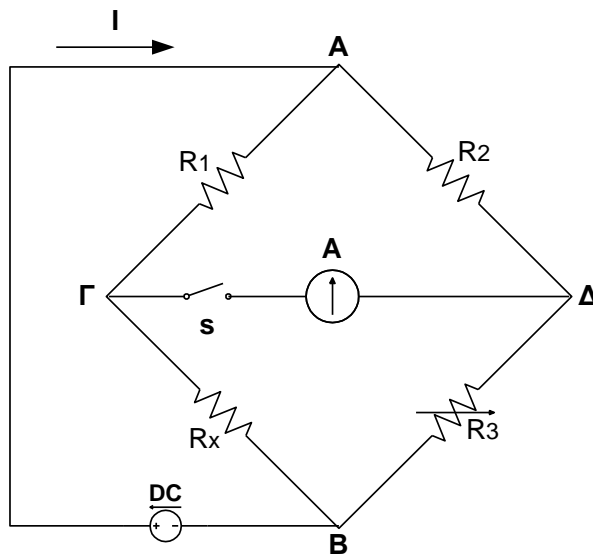
Αυτή αποτελείται από τρεις γνωστές αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 και από την άγνωστη αντίσταση R_x που θέλουμε να μετρήσουμε. Οι αντιστάσεις αυτές συνδέονται μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν ρόμβο. Η γέφυρα WEATSTONE σχηματίζεται με τη σύνδεση μιας πηγής DC στα

άκρα A,B και ενός οργάνου στα σημεία Γ,Δ (σχ. 4.4(1)). Οι αντιστάσεις R_1 , R_2 αποτελούν τον κλάδο αναλογίας. Η R_3 είναι η αντίσταση συγκρίσεως, επειδή προς αυτή συγκρίνεται η R_x . Όταν η γέφυρα ισορροπεί, το όργανο (γαλβανόμετρο) δείχνει

μηδέν και από το κύκλωμα προκύπτει η σχέση:

$$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3 \quad \eta \quad R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

4.1



— Σχ. 4.4 (1) —

Η R_3 μεταβάλλεται κατά 1Ω και μπορεί να ρυθμιστεί από 1 έως 11.100Ω (Για την γέφυρα του εργαστηρίου μας). Οι αντιστάσεις R_1, R_2 του κλάδου αναλογίας έχουν τρεις βαθμίδες, ήτοι 10, 100 και 1000Ω και μπορούμε να πάρουμε σχέσεις:

$$\frac{R_1}{R_2} = 0,01, 0,1, 1, 10, 100$$

Επειδή λοιπόν η R_3

μεταβάλλεται από 1 έως 11.000 είναι δυνατή (θεωρητικά) η μέτρηση τιμών R_x από $0,01\Omega$ έως $1.111.000\Omega$. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι για πολύ χαμηλές τιμές της R_x πρέπει να χρησιμοποιηθούν αγωγοί συνδέσεως με όσο γίνεται χαμηλότερες ωμικές αντιστάσεις.

Η τάση της πηγής που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή π.χ. 1,2V ή 2V για την αποφυγή μεγάλων τιμών ρεύματος μέσα από τις αντιστάσεις.

Απαιτούμενα Υλικά

1. Κιβώτιο γέφυρες WEATSTONE
2. Πηγή συνεχούς τάσεως
3. Βραχυκυκλωτήρες
4. Άγνωστες αντιστάσεις.

Πορεία Εργασίας

1. Τοποθετούμε την άγνωστη αντίσταση R_x στα σημεία ΒΓ του κυκλώματος (Σχ. 4.4(1)).
2. Εφαρμόζουμε την κατάλληλη τάση.
3. Παίρνουμε:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1000}{1000} = 1$$

4. Παίρνουμε μια χαμηλή τιμή για την R_3
5. Κλείνουμε στιγμιαία τον διακόπτη S και παρατηρούμε την απόκλιση της βελόνης του γαλβανόμετρου.
6. Παίρνουμε μια πολύ μεγάλη τιμή για την R_3 . Κλείνουμε πάλι τον διακόπτη S, πρέπει να παρατηρήσουμε απόκλιση αντίθετη της προηγούμενης, διαφορετικά πρέπει να αλλάξουμε τον λόγο R_1/R_2 και να τον κάνουμε μικρότερο ή μεγαλύτερο της μονάδας ώστε να προκύπτει απόκλιση της βελόνης αντίθετη της πρώτης.
7. Μειώνουμε την R_3 σιγά-σιγά μέχρι να ισορροπήσει το γαλβανόμετρο στη θέση μηδέν.
8. Εφαρμόζουμε τη σχέση 4.1 και υπολογίζουμε την R_x .
9. Η πορεία εργασίας επαναλαμβάνεται για διάφορες άγνωστες αντιστάσεις και για όλους τους λόγους R_1/R_2 .

NOMOI TOY KIRCHHOFF

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι νόμοι του Κίρκωφ είναι οι πιο βασικοί νόμοι για την επίλυση των κυκλωμάτων. Ο **Πρώτος Νόμος του Κίρκωφ**, νόμος των κόμβων, εκφράζει την αρχή της διατηρήσεως της ποσότητας του ηλεκτρισμού:

«Κάθε στιγμή η ροή των ηλεκτρικών φορτίων που εισέρχεται σ' ένα κόμβο είναι ίση με τη ροή των ηλεκτρικών φορτίων που εξέρχεται απ' αυτόν».

Παίρνοντας σαν θετικές τις εντάσεις των ρευμάτων που κατευθύνονται προς ένα

κόμβο και σαν αρνητικές αυτές που απομακρύνονται απ' αυτόν, ο νόμος των κόμβων εκφράζεται από την σχέση:

$$\sum I_i = 0$$

δηλαδή, το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που κατευθύνονται προς ένα κόμβο ισούται πάντα με το μηδέν.

Ο **Δεύτερος Νόμος του Κίρκωφ** ή νόμος των βρόγχων είναι απαραίτητος για την επίλυση κυκλωμάτων με περισσότερες από μία πηγές και διατυπώνεται ως εξής:

«Κατά μήκος ενός βρόγχου, το αλγεβρικό άθροισμα των ΗΕΔ σε κάθε στιγμή, ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των πτώσεων τάσεως στους κλάδους του βρόγχου».

Στην πράξη για να εφαρμόσουμε την δεύτερο νόμο του Κίρκωφ εκλέγουμε αυθαίρετα σαν θετική μία φορά πάνω στο βρόγχο και θεωρούμε θετικές τις εντάσεις των ρευμάτων που η φορά του συμπίπτει με τη θετική φορά τους συμπίπτει με τη θετική φορά του βρόγχου, αρνητικές όλες τις υπόλοιπες. Τις ΗΕΔ τις θεωρούμε θετικές, όταν οι πηγές τείνουν να κινήσουν στο θεωρούμενο βρόγχο ρεύμα σύμφωνα με την εκλεγείσα θετική φορά του βρόγχου, αρνητικές στην αντίθετη περίπτωση.

Γενικά οι νόμοι του Κίρκωφ εφαρμόζονται και επαρκούν για την επίλυση οιοδήποτε κυκλώματος.

ΑΣΚΗΣΗ 5^η

Πειραματική επαλήθευση των Νόμων του KIRCHOFF.

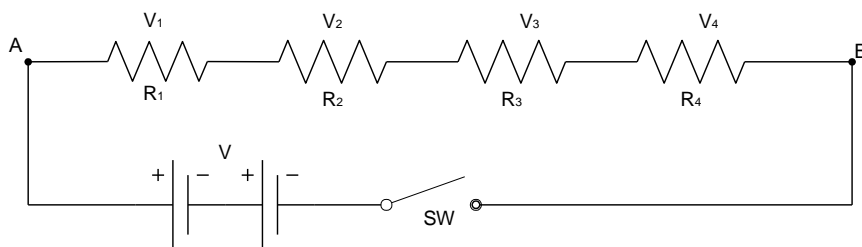
Σκοπός: 1. Να καθοριστεί με ανάλυση και να επαληθευθεί πειραματικά ότι το άθροισμα των πτώσεων τάσεως επί των σε σειρά συνδεδεμένων αντιστάσεων σε ένα κύκλωμα, είναι ίσο με την τάση που εφαρμόζεται επί του εν λόγω κυκλώματος.

2.-Να καθοριστεί με ανάλυση και να επαληθευτεί πειραματικά ότι το ρεύμα που εισέρχεται σε ένα κόμβο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ίσο με το ρεύμα που εξέρχεται από τον ίδιο κόμβο.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Η ανάλυση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος γίνεται ευκολότερη με την εφαρμογή των νόμων του Κίρκωφ. Είναι εφαρμόσιμοι σε κυκλώματα με μία ή και περισσότερες πηγές τάσεως. Στο πείραμά μας αυτό θα εφαρμόσουμε μόνο μία πηγή.

Για τον νόμο των βρόγχων το παρακάτω απλό κύκλωμα (Σχ.5.5(1)).



Σχ. 5.5(1)

Γνωρίζουμε από τα προηγούμενα κεφάλαια ότι οι αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 και R_4 μπορούν να αντικατασταθούν από μία ισοδύναμη R_T η οποία διαρρέεται από το ολικό ρεύμα I_T . Το I_T βρίσκεται εφαρμόζοντας τον νόμο του ohm.

$$I_T = \frac{V}{R_T} \quad 5.1$$

από όπου παίρνουμε:

$$V = I_T \cdot R_T \quad 5.2$$

αλλά $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ 5.3

Αντικαθιστώντας στην σχέση 5.2 την 5.3 παίρνουμε:

$$V = I_T(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \quad 5.4$$

ή $V = I_T R_1 + I_T R_2 + I_T R_3 + I_T R_4$ 5.5

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των κυκλωμάτων σειράς είναι ότι το ρεύμα είναι το ίδιο σε όλα τα σημεία του κυκλώματος. I_T είναι λοιπόν το ολικό ρεύμα που περνά από τις R_1 , R_2 , R_3 και R_4 . Συνεπάγεται ότι:

$I_T \cdot R_1 = V_1$,	η πτώση τάσης πάνω στην R_1
$I_T \cdot R_2 = V_2$	« R_2
$I_T \cdot R_3 = V_3$	« R_3
$I_T \cdot R_4 = V_4$	« R_4

Η εξίσωση 5.5 μπορεί να γραφεί:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad 5.6$$

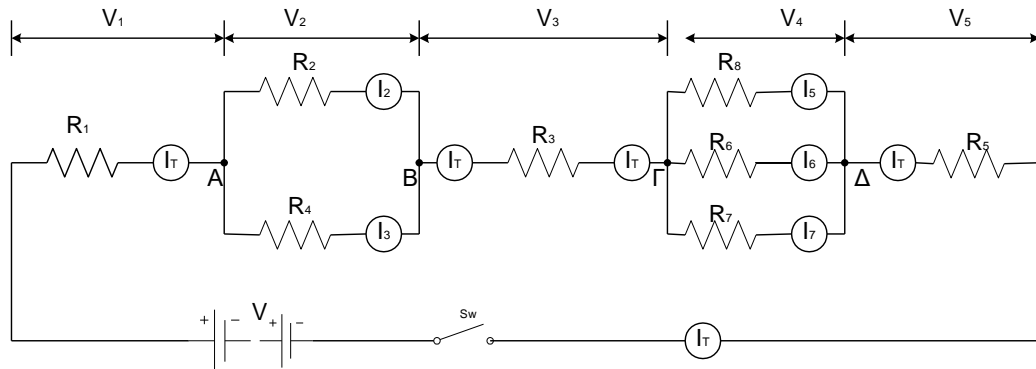
Αυτή είναι η μαθηματική έκφραση του νόμου των βρόγχων του Κίρκωφ.

Η εξίσωση 5.6 μπορεί να γενικευθεί για κυκλώματα που περιέχουν μία ή και περισσότερες αντιστάσεις εν σειρά σε ένα κλειστό κύκλωμα. Ο νόμος μπορεί επίσης να εφαρμοσθεί και σε μικτά κυκλώματα όπως εκείνο του σχήματος 5(2).

Σ' αυτό $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$ όπου V_1 , V_3 και V_5 είναι οι πτώσεις τάσεως πάνω στις R_1 , R_3 και R_5 αντίστοιχα: V_2 και V_4 είναι οι πτώσεις τάσεως πάνω στα παράλληλα κυκλώματα μεταξύ των σημείων A&B και C&D αντίστοιχα.

Για το νόμο των κόμβων παίρνουμε το κύκλωμα του σχήματος 5(3). Το ολικό ρεύμα του κυκλώματος I_T εισέρχεται στον κόμβο A, όπως φαίνεται από τη φορά του βέλους, αφήνει τον κόμβο A διακλαδιζόμενο σε τρεις κλάδους, που διαρρέονται από

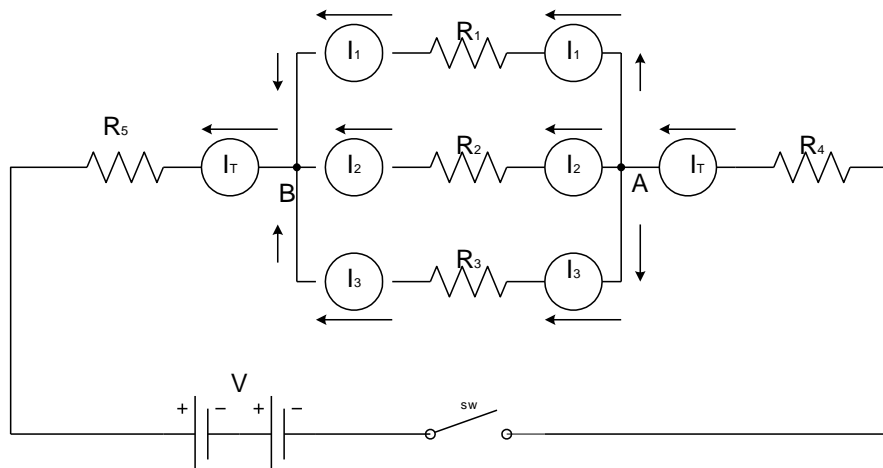
τα ρεύματα I_1, I_2 και I_3 όπως φαίνεται στο



ΣΧ. 5(2)

σχήμα 5^α(3). Τα ρεύματα I_1, I_2 και I_3 εισέρχονται στον κόμβο B και απ' αυτόν εξέρχεται το I_T . Πρέπει λοιπόν να δούμε τη σχέση που συνδέει τα ρεύματα I_1, I_2, I_3 με το ολικό I_T .

Για παράλληλο κύκλωμα μεταξύ των σημείων AB έχουμε:



ΣΧ. 5(3)

$V_{AB}=I_1 \cdot R_1=I_2 \cdot R_2=I_3 \cdot R_3$. Οι αντιστάσεις όμως R_1, R_2 και R_3 μπορούν να αντικατασταθούν από την ισοδύναμη τους R_T και να πάρουμε τη σχέση $V_{AB}=I_T \cdot R_T$.

Συνεπάγεται λοιπόν ότι:

$$I_T \cdot R_T = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3 \quad (5.7)$$

Από τη σχέση (5.7) παίρνουμε:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_T \frac{R_T}{R_1} \\ I_2 &= I_T \frac{R_T}{R_2} \\ I_3 &= I_T \frac{R_T}{R_3} \end{aligned} \quad (5.8)$$

Προσθέτοντας τα ρεύματα I_1, I_2, I_3 έχουμε:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_T R_T \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

αλλά γνωρίζουμε ότι:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_T}$$

αντικαθιστώντας στην παραπάνω σχέση έχουμε:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_T R_T \frac{1}{R_T} = I_T \quad \text{και} \quad I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad (5.9)$$

Η σχέση 5.9 είναι η μαθηματική έκφραση του Κίρκωφ για το νόμο των ρευμάτων (κόμβων) για το συγκεκριμένο κύκλωμα του σχήματος 5^α(3). Γενικά, εάν I_T είναι το ρεύμα που εισέρχεται σε ένα κόμβο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος και $I_1, I_2, I_3, \dots, I_N$ είναι τα ρεύματα που εξέρχονται απ' αυτόν, τότε:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N \quad (5.10)$$

Απαιτούμενα Υλικά

1. Τροφοδοτικό μεταβλητής συνεχούς τάσεως.
2. Μιλιαμπερόμετρο.
3. Αντιστάσεις διαφόρων τιμών.
4. Βραχυκυκλωτήρες.

Πορεία Εργασίας

1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.5(1) χρησιμο-ποιώντας τις αντιστάσεις R_1, R_2, R_3 και R_4 του πίνακα 5.1.
2. Τροφοδοτούμε το παραπάνω κύκλωμα με συνεχή τάση.
3. Μετράμε τις τάσεις V_1, V_2, V_3, V_4 .
4. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 5^α(3).
5. Τροφοδοτούμε αυτό με συνεχή τάση.
6. Μετρούμε τα ρεύματα των διαφόρων κλάδων.
7. Συγκρίνουμε τις ευρεθείσες πρακτικές τιμές με τις τιμές που προκύπτουν από τη θεωρητική επίλυση των κυκλωμάτων και εξάγουμε τα συμπεράσματά μας.

Πίνακας 5.1

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
330	470	1.200	2.200	3.300

ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΘΕΣΕΩΣ Ή ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Είπαμε και στην προηγούμενη παράγραφο ότι με τον πρώτο και δεύτερο κανόνα του KIRCHHOFF μπορούμε να επιλύσουμε οποιοδήποτε κύκλωμα. Με βάση όμως, των δύο αυτών κανόνων μπορούμε να διατυπώσουμε μερικά ειδικά θεωρήματα πάνω στα δίκτυα τα οποία διευκολύνουν στην επίλυση των γραμμικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ένα από τα θεωρήματα αυτά είναι το θεώρημα της υπερθέσεως ή της επαλληλίας, που διατυπώνεται ως εξής:

«Το ρεύμα σ' ένα κλάδο ενός κυκλώματος, που περιέχει περισσότερες από μία πηγές, ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων, τα οποία θα ανέπτυξε στην θεωρούμενο κλάδο κάθε μία από τις πηγές, αν δρούσε μόνη στο κύκλωμα με όλες τις άλλες πηγές θεωρούμενες μηδενικές».

Επίσης μία πιο απλή διατύπωση του θεωρήματος είναι η παρακάτω:

«Τα αποτελέσματα κάθε πηγής πάνω σε ένα κύκλωμα είναι ανεξάρτητα από την συνύπαρξη και άλλων πηγών στο κύκλωμα».

ΑΣΚΗΣΗ 6^η

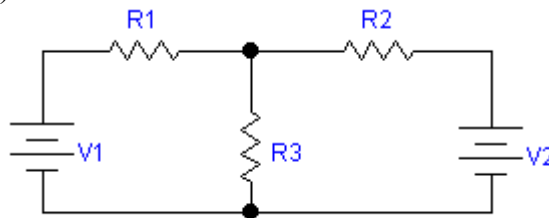
6.2 Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος της υπερθέσεως ή επαλληλίας

Σκοπός: Να καθορισθεί με ανάλυση και να επαληθευθεί πειραματικά το θεώρημα της υπερθέσεως.

Σκοπός θεωρητική ανάπτυξη

Το θεώρημα της υπερθέσεως εφαρμόζεται σε κυκλώματα με περισσότερες από μία πηγές. Η λύση ενός κυκλώματος με το θεώρημα της υπερθέσεως είναι κάπως επίπονος αλλά είναι μία πολύ εύκολη μέθοδος διότι έχουμε να κάνουμε με τον νόμο του ohm σε κλειστό κύκλωμα και με σύνδεση αντιστάσεων σε μικτά κυκλώματα.

Ας δούμε λοιπόν την εφαρμογή του θεωρήματος πάνω σε ένα κύκλωμα με δύο πηγές, σχήμα 6.6(1).



Σχ. 6.6(1)

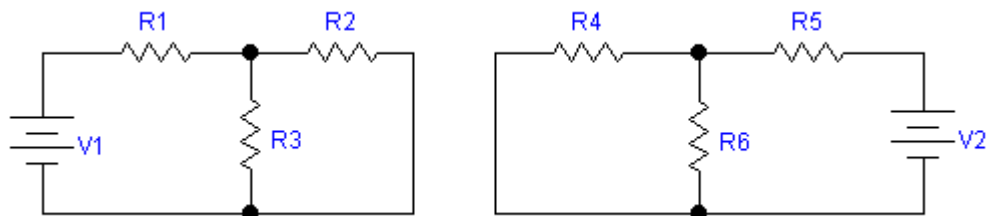
Για την επίλυση του παραπάνω κυκλώματος με το θεώρημα της υπερθέσεως, σπάζουμε το κύκλωμα σε δύο επιμέρους, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.6(2). Τα δύο αυτά επιμέρους κυκλώματα όταν υπερτεθούν δίνουν το αρχικό κύκλωμα.

Επιλύοντας τα δύο αυτά κυκλώματα, βρίσκουμε τα επιμέρους ρεύματα I_1', I_2', I_3' και I_1'', I_2'', I_3'' . Αθροίζοντας τέλος αλγεβρικά τα παραπάνω ρεύματα έχουμε τα ζητούμενα ρεύματα I_1, I_2, I_3 . Ήτοι:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_1' - I_1'' \\ I_2 &= I_2'' - I_2' \\ I_3 &= I_3' + I_3'' \end{aligned} \quad (6.2)$$

Απαιτούμενα υλικά

1. Δύο τροφοδοτικά DC.
2. Ένα πολύμετρο.
3. Αντιστάσεις R_1, R_2, R_3 .
4. Βραχυκυκλωτήρες.



Σχ. 6.6(2)

Πορεία Εργασίας

1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 6.6(1)
2. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα με DC τάση.
3. Μετράμε τα ρεύματα I_1, I_2, I_3 .
4. Από το παραπάνω κύκλωμα αφαιρούμε τη πηγή E_2 και βραχυκυκλώνουμε τα σημεία Β, Δ.
5. Μετράμε τα επιμέρους ρεύματα I_1', I_2', I_3' .
6. Αφαιρούμε τη πηγή E_1 από το κύκλωμα του σχήματος 6.6(1) και βραχυκυκλώνουμε τα σημεία ΒΓ.
7. Μετράμε τα ρεύματα I_1'', I_2'', I_3'' .
8. Αθροίζουμε αλγεβρικά τα ρεύματα των σημείων 5 και 7 και τα προκειπόντα αποτελέσματα τα συγκρίνουμε με τα I_1, I_2, I_3 του σημείου 3.
9. Συγκρίνουμε τις πρακτικές αυτές τιμές με τις τιμές της θεωρητικής επίλυσης του κυκλώματος.

ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ THEVENIN

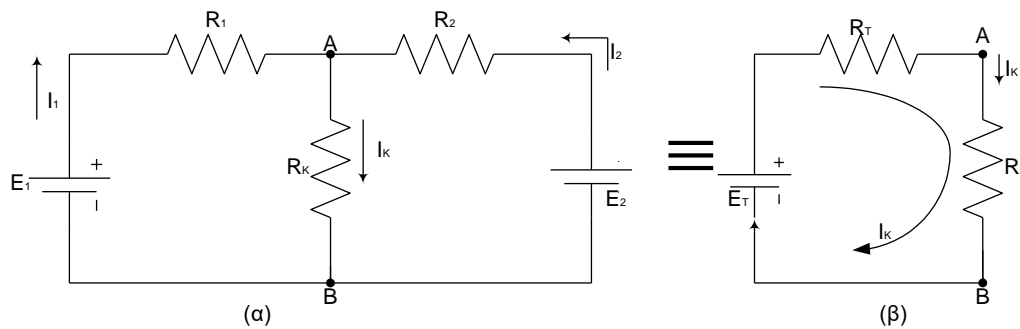
7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Πολλές φορές, έχουμε στη πράξη ένα σύνθετο κύκλωμα από πηγές και αντιστάσεις και μας ενδιαφέρει να προσδιορίσουμε το ρεύμα και την πτώση τάσεως σ' ένα μόνο κλάδο του κυκλώματος. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, μπορούμε βέβαια να επιλύσουμε το κύκλωμα με τη βοήθεια του νόμου του ohm και των κανόνων του Kirchhoff ή του θεωρήματος της υπερθέσεως αλλά, η εργασία αυτή είναι αρκετά επίπονος γιατί είμαστε υποχρεωμένοι να προσδιορίσουμε τα ρεύματα σ' όλους τους κλάδους του κυκλώματος, χωρίς φυσικά να μας χρειάζονται.

Πολλές φορές επίσης έχουμε ένα κύκλωμα με μία **μεταβλητή κατανάλωση** και μας ενδιαφέρει το ξέρουμε το ρεύμα που περνά από την κατανάλωση σε κάθε μεταβολή της τιμής της. Η επίλυση, σε τέτοιου είδους περιπτώσεις, με τους κανόνες του Kirchhoff ή με το θεώρημα της υπερθέσεως είναι επίπονος, επειδή πρέπει να επιλυθεί γενικά το κύκλωμα για κάθε μεταβολή της κατανάλωσης και να βρίσκουμε το ρεύμα που περνά απ' αυτήν.

Όταν λοιπόν μας ενδιαφέρει να προσδιορίσουμε το ρεύμα σε **μία μόνο κατανάλωση** ή γενικότερα, σε ένα κλάδο από καταναλώσεις ενός κυκλώματος, μπορούμε να αντικαταστήσουμε το υπόλοιπο σύνθετο κύκλωμα, δηλαδή το κύκλωμα εκτός από την κατανάλωση, με ένα απλό, που όμως είναι **ισοδύναμο** με το προηγούμενο.

Δύο ηλεκτρικά κυκλώματα είναι **ισοδύναμα**, όταν δημιουργούν το ίδιο ρεύμα στην ίδια κατανάλωση.



Σχ. 7.1(1)

Στο σχήμα 7.1(1) φαίνονται δύο ισοδύναμα κυκλώματα (α) και (β). Και στα δύο στην κατανάλωση R_K ρέει ίδιο ρεύμα I . Στην παραπάνω ισοδυναμία των κυκλωμάτων βασισμένος ο Thevenin διατύπωσε το θεώρημά του, ως εξής:

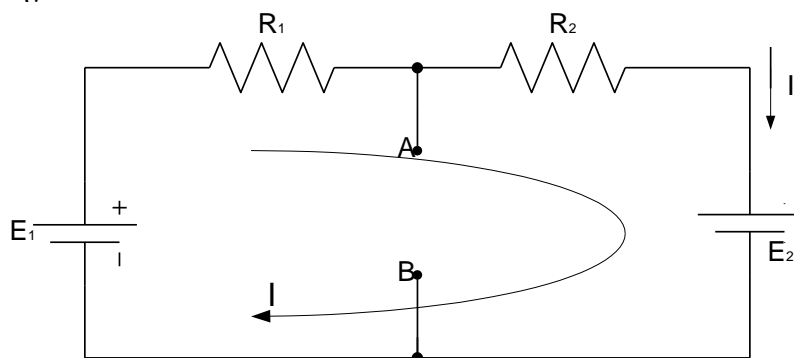
«Οποιοδήποτε σύνθετο κύκλωμα, συνδεδεμένο σε δύο σημεία σε μία κατανάλωση, μπορεί να αντικατασταθεί με ένα άλλο ισοδύναμο κύκλωμα, αποτελούμενο από μία ιδανική πηγή τάσεως E_T και μια αντίσταση R_T σε σειρά».

Στο σχήμα 7.1(1) φαίνεται το σύνθετο κύκλωμα (α) και το ισοδύναμό του

σύμφωνα με τον Thevenin (β). Το αριστερό μέρος του κυκλώματος (α) μεταξύ των σημείων A,B έχει αντικατασταθεί με την πηγή E_T , σε σειρά με την αντίσταση R_T . Στο δεξιό μέρος των δύο κυκλωμάτων (α) και (β) βρίσκεται η ίδια κατανάλωση R_K .

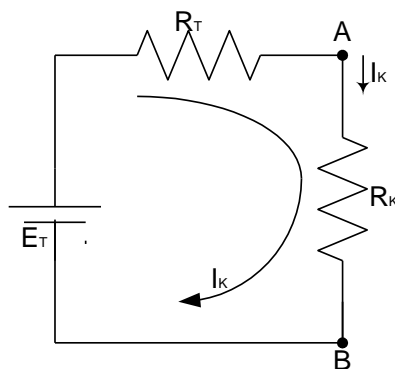
Για να βρούμε την E_T και την R_T εργαζόμαστε ως εξής:

1. Αποσυνδέουμε από το κύκλωμα την κατανάλωση R_K ώστε να παρουσιαστούν δύο ελεύθερα άκρα A,B όπως στο σχήμα 7.1(2).
2. Υπολογίζουμε την τάση εν κενώ μεταξύ των ελεύθερων άκρων A,B. Αυτή είναι η ζητούμενη τάση B_T .
3. Βραχυκυκλώνουμε τις πηγές τάσεως του κυκλώματος και ανοικτοκυκλώνουμε τις πηγές ρεύματος (αν υπάρχουν), διατηρούμε όμως τις αντιστάσεις των πηγών.



Σχ. 7.1(2)

4. Υπολογίζουμε την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος στα σημεία A,B. Αυτή είναι η αντίσταση R_T που ζητάμε.
5. Το ισοδύναμο κύκλωμα που προκύπτει φαίνεται στο σχήμα 7.1(3).



Σχ. 7.1(3)

ΑΣΚΗΣΗ 7^η

7.2 Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος του Thevenin

Σκοπός: Να καθορισθεί με ανάλυση και να επαληθευθεί πειραματικά το θεώρημα του Thevenin.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Το θεώρημα του Thevenin είναι ένα σπουδαίο εργαλείο στα χέρια μας για την επίλυση σύνθετων κυκλωμάτων. Έχει φανερά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τις προηγούμενες μεθόδους, όταν επιθυμούμε να βρούμε ένα ρεύμα ή μία πτώση τάσεως σε ένα κλάδο οποιοδήποτε κυκλώματος.

Ας ξεκινήσουμε με ένα παράδειγμα για να γίνει πιο εύκολα κατανοητό το θεώρημα. Υποθέτουμε ότι θέλουμε να βρούμε το ρεύμα που περνά από την R_3 στο κύκλωμα του σχήματος 7.2(1). Την R_3 συνήθως την ονομάζουμε «κατανάλωση» και την συμβολίζουμε με R_K .

Σχ. 7.2(1)

Αποσυνδέουμε την R_3 από το παραπάνω κύκλωμα και παίρνουμε το κύκλωμα του σχήματος 7.2(2^α). Στο κύκλωμα αυτό υπολογίζουμε την τάση στα σημεία A,B ως εξής:

$$E_1 - E_2 = R_1 I - R_2 I = (R_1 - R_2) I$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 - R_2}$$

Σχ. 7.2(2)

Η πτώση τάσεως επί της R_1 είναι ίση με $V_1 = I \cdot R_1$. Άρα η V_{AB} που είναι και η E_T είναι:

$$V_{AB} = E_T = E_1 - V_1 = E_1 - I \cdot R_1 = E_1 - \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2}$$

Στη συνέχεια απομακρύνουμε τις πηγές τάσεως από το κύκλωμα του σχήματος 7.2(2) και τις αντικαθιστούμε με βραχυκυκλώματα. Παρουσιάζεται έτσι το σχήμα 7.2(2β). Υπολογίζουμε την αντίσταση μεταξύ των σημείων A,B στο κύκλωμα του σχήματος 7.2(2β) που είναι:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Αφού βρήκαμε τις τιμές των E_T και R_T μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα που περνά από την R_K στο ισοδύναμο πλέον κύκλωμα Thevenin που φαίνεται στο σχήμα 7.2(3), από τον τύπο:

$$I = \frac{E_T}{R_T + R_K} \quad 7.2.1$$

Όπως είδαμε η μέθοδος του Thevenin βοήθησε στη μετατροπή του σχετικά σύνθετου κυκλώματος 7.2(1), (δύο πηγές και τρεις αντιστάσεις), στο απλό κύκλωμα του σχήματος 7.2(3), (μία πηγή και δύο αντιστάσεις).

Σχ. 7.2(3)

Απαιτούμενα Υλικά

1. Δύο πηγές DC τάσεως
2. Τρεις αντιστάσεις διαφόρων τιμών.
3. Ένα πολύμετρο.
4. Βραχυκυκλωτήρες.

Πορεία Εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 7.2(1).
2. Ανοικτοκυκλώνουμε στα σημεία A,B.

3. Μετράμε την τάση V_{AB} E_T .
4. Βγάζουμε τις πηγές από το κύκλωμα αντικαθιστώντας αυτές με βραχυκυκλώματα.
5. Μετράμε την αντίσταση μεταξύ των σημείων A,B που είναι η R_T .
6. Εφαρμόζουμε τη σχέση 7.2.1 και βρίσκουμε το ρεύμα που περνά από την κατανάλωση R_K .

ΤΟ ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ NORTON

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ένα άλλο, σπουδαίο και αυτό, θεώρημα που μας βοηθά στον προσδιορισμό ενός ρεύματος πάνω σε ένα κλάδο ενός σύνθετου κυκλώματος, όπως το θεώρημα του Thevenin, είναι το θεώρημα του Norton.

Σύμφωνα με το θεώρημα του Norton, οποιοδήποτε σύνθετο κύκλωμα συνδεδεμένο σε δύο σημεία σε ένα άλλο κύκλωμα, μπορεί να αντικατασταθεί με ένα απλό ισοδύναμο, αποτελούμενο από μία ιδανική πηγή ρεύματος I_N και μια αντίσταση R_N , παράλληλα συνδεδεμένη στην πηγή.

Στο παρακάτω σχήμα 8.1(1) φαίνεται το σύνθετο κύκλωμα και το ισοδύναμο με αυτό κύκλωμα Norton.

Σχ. 8.1(1)

Για τον προσδιορισμό του ρεύματος I_N και της αντιστάσεως R_N του ισοδύναμου κυκλώματος Norton, εργαζόμαστε όπως παρακάτω:

1. Αποσυνδέουμε από το κύκλωμα την αντίσταση ή κατανάλωση την οποία θέλουμε να βρούμε το ρεύμα που την διαρρέει, ώστε να παρουσιασθούν στο κύκλωμα δύο άκρα A,B ελεύθερα, όπως στο σχήμα 8.1(2^α).
2. Βραχυκυκλώνουμε τα άκρα A,B όπως στο σχήμα 8.1(2β).

3. Υπολογίζουμε το ρεύμα που περνά από τα βραχυκυκλωμένα άκρα A,B. Το ρεύμα αυτό είναι το ρεύμα I_N της ισοδύναμης πηγής.

Σχ. 8.1(2)

4. Βραχυκυκλώνουμε τις πηγές τάσεως και ανοικτοκυκλώνουμε τις πηγές ρεύματος, διατηρώντας τις εσωτερικές αντιστάσεις των πηγών
5. Υπολογίζουμε την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος στα σημεία A,B. Η αντίσταση αυτή είναι η ισοδύναμη αντίσταση Norton R_N . Παρατηρούμε ότι η ισοδύναμη αντίσταση Norton είναι ίση με την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος Thevenin.

ΑΣΚΗΣΗ 8^η

8.2 Πειραματική επαληθευση του θεωρήματος Norton.

Σκοπός: Να καθορισθεί με ανάλυση και να επαληθευθεί πειραματικά το θεώρημα του Norton.

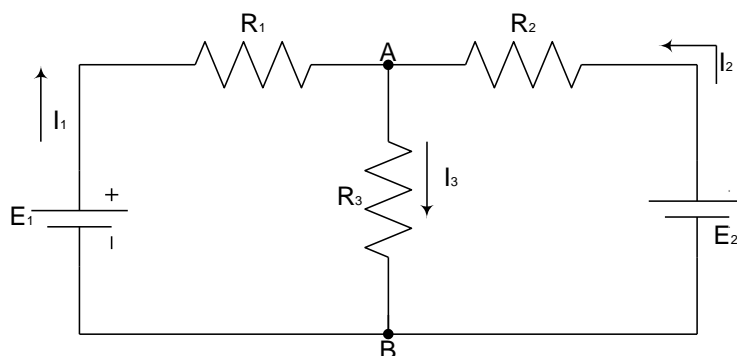
Σύντομη θεωρητική Ανάπτυξη

Το θεώρημα Norton είναι πολύ κοντά με το θεώρημα Thevenin. Η διαφορά βρίσκεται στον τύπο του ισοδύναμου κυκλώματος. Στο Norton η ισοδύναμη πηγή είναι μία πηγή σταθερού ρεύματος, αντί μιας πηγής σταθερής τάσεως, που χρησιμοποιείται στον Thevenin. Η ισοδύναμη αντίσταση στο θεώρημα του Norton υπολογίζεται όπως και στο Thevenin, μόνο που εδώ η R_N συνδέεται παράλληλα στην ισοδύναμη πηγή. Το σχήμα 8.2(1) δείχνει το ισοδύναμο κύκλωμα που στηρίζεται στο θεώρημα του Norton.

Σχ. 8.2(1)

Η τιμή της πηγής ρεύματος I_N , ισούται με το ρεύμα που ρέει στο πραγματικό κύκλωμα, μεταξύ των βραχυκυκλωμένων άκρων A,B του καταναλωτή.

Ας αναφερθούμε στο κύκλωμα του σχήματος 8.2(2) και να το μετατρέψουμε στο ισοδύναμο κύκλωμα Norton του σχήματος 8.2(1). Για να γίνει αυτό πρέπει να



Σχ.8.2(2)

υπολογίσουμε το ισοδύναμο ρεύμα I_N και την ισοδύναμη αντίσταση R_N .

Αυτά δίδονται από τις εξισώσεις:

$$I_N = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2}$$

$$R_N = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Το ρεύμα που διαρρέει την R_3 , που είναι και το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση φορτίου R_K , δίδεται από την σχέση:

$$I_{R_3} = I_{R_K} = I_N \cdot \frac{R_N}{R_N - R_K} \quad 8.2.1$$

Απαιτούμενα Υλικά

1. Δύο πηγές DC τάσεως.
2. Τρεις αντιστάσεις διαφόρων ωμικών τιμών.
3. Ένα πολύμετρο.
4. Βραχυκυκλωτήρες.

Πορεία Εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 8.2(2)
2. Αφαιρούμε την αντίσταση R_3 από το κύκλωμα και βραχυκυκλώνουμε τα σημεία A,B.
3. Μετράμε με τη βοήθεια του πολυμέτρου την τιμή του ρεύματος που διαρρέει το βραχυκυκλωμένο κλάδο AB.

4. Βγάζουμε τις πηγές E_1 και E_2 από το κύκλωμα και βραχυκυκλώνουμε τα σημεία Β,Γ και Β,Δ ανοικτοκυκλώνοντας συγχρόνως τα σημεία Α,Β.
5. Μετράμε την αντίσταση, με τη βοήθεια του πολυμέτρου, μεταξύ των σημείων Α,Β. Αυτή είναι η αντίσταση R_N .
6. Γνωρίζοντας τώρα τα I_N και R_N εφαρμόζουμε τη σχέση 8.2.1 και υπολογίζουμε το ρεύμα που περνά από την αντίσταση R_K που δεν είναι άλλη από την R_3 .

Ερωτήσεις:

1. Συγκρίνοντας τα θεωρητικά και τα πειραματικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται πολλές διαφορές. Εντοπίστε τις δυνατές αιτίες.
2. Πότε, κατά την γνώμη σας, είναι προτιμότερη η μέθοδος της υπερθέσεως από τη μέθοδο Thevenin ή Norton; Εξηγήστε το γιατί.
3. Αν σας είχε ζητηθεί να υπολογίσετε το ρεύμα μέσω της αντιστάσεως R_3 στο σχήμα 8.2(2), για πολλές διαφορετικές τιμές της R_3 , ποια μέθοδο θα διαλέγατε και γιατί;

ΑΠΟΔΟΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Γνωρίζουμε από τη θεωρία της Ηλεκτροτεχνίας Ι ότι η συνθήκη Προσαρμογής σε ένα κύκλωμα επιτυγχάνεται όταν $R_K=r$, δηλαδή όταν η αντίσταση του καταναλωτή είναι ίση με την εσωτερική αντίσταση της πηγής. Στην περίπτωση αυτή έχουμε τη μεγαλύτερη κατανάλωση ωφέλιμης ισχύος εκ μέρους του κυκλώματος του καταναλωτού. Επίσης γνωρίζουμε ότι το ρεύμα του φορτίου είναι ίσο με το μισό του ρεύματος βραχυκυκλώσεως.

Η απόδοση του κυκλώματος πηγής-φορτίου δίδεται από τη σχέση:

$$\text{Απόδοση ισχύος κυκλώματος} = \frac{\text{Ισχύς στο φορτίο}}{\text{Ολική Ισχύς}} \times 100$$

Η συνθήκη προσαρμογής, γενικά, έχει μεγάλη σημασία στα ηλεκτρονικά, όπου οι πηγές παρουσιάζουν εσωτερική αντίσταση του αυτού σχεδόν μεγέθους με την αντίσταση του κυκλώματος καταναλώσεως. Στην ηλεκτροτεχνία αντίθετα οι πηγές παρουσιάζουν πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση, ώστε είναι αδύνατο να ικανοποιηθεί η συνθήκη προσαρμογής.

ΑΣΚΗΣΗ 9^η

9.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Σκοπός: Να καθορισθεί με ανάλυση και να επαληθευθεί πειραματικά η συνθήκη προσαρμογής.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Ας ξεφύγουμε από τον συνηθισμένο τρόπο ανάπτυξης και ας αρχίσουμε με ένα παράδειγμα. Παίρνουμε λοιπόν, το απλούστερο κλειστό κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα 9.2(1) και πάνω σ' αυτό ας προσπαθήσουμε να δούμε πως ισχύει η συνθήκη προσαρμογής.

Σχ. 9.2(1)

Από τη θεωρία των κυκλωμάτων ξέρομε ότι είναι:

$$E = I\rho + IR_K \quad 9.2.1$$

Πολλαπλασιάζοντας πρώτο και δεύτερο μέρος με την ένταση I έχουμε:

$$IE = I^2\rho + I^2R_K \quad 9.2.2$$

Κάθε όροι της σχέσεως 9.2.2 συμβολίζεται και έχει την παρακάτω σημασία:

$IE = P$ ολική παραγόμενη ισχύ από την πηγή E .

$I^2R_K = P_K$ ωφέλιμη ισχύ, που καταναλώνεται πάνω στην αντίσταση φορτίου R_K .

$I^2\rho = P_\pi$ ισχύς απωλειών, που καταναλώνεται πάνω στην εσωτερική αντίσταση της πηγής.

Η σχέση 9.2.2 μπορεί να γραφεί:

$$P = P_\pi + P_K \quad 9.2.3$$

Αν συμβολίσουμε με $I_{\beta\rho}$ το ρεύμα βραχυκυκλώσεως του κυκλώματος, που είναι και το μέγιστο ρεύμα, αφού η $R_K=0$, η ισχύς βραχυκυκλώσεως είναι:

$$P_{\beta\rho} = E \cdot I_{\beta\rho} = \frac{E^2}{\rho} \quad 9.2.4$$

Αυτή είναι και η μέγιστη ισχύς που μπορεί να αποδόσει μία πηγή. Η ισχύς αυτή καταναλώνεται ολόκληρη πάνω στην εσωτερική αντίσταση ρ της πηγής.

Η ωφέλιμη ισχύς P_K συναρτήσε των $P_{\beta\rho}$, R_K και ρ συμβολίζεται ως εξής:

$$P_K = P_{\beta\rho} \cdot \frac{\rho \cdot R_K}{R_K - \rho} \quad 9.2.5$$

Η παραπάνω σχέση προκύπτει από τον συνδυασμό των σχέσεων 9.2.1, 9.2.2, 9.2.3 και 9.2.4. Παρατηρούμε ότι η P_K μηδενίζεται και στις δύο ακραίες περιπτώσεις δηλαδή, όταν η $R_K=0$ και όταν η $R_K=\infty$ (διότι το κύκλωμα με R_K είναι ανοικτό). Επειδή όμως η P_K δεν είναι δυνατόν να γίνει αρνητική, και επειδή η ρ και η $P_{\beta\rho}$ είναι σταθερές, αυτή εξαρτάται από τις μεταβολές της R_K . Για μία ενδιάμεση τιμή αυτής η P_K γίνεται μέγιστη.

Από τη σχέση 9.2.5 και από τη γνωστή θεωρία του μεγίστου έχουμε:

$$\frac{d}{dR_K} P_K = P_{\beta\rho} \cdot \rho \cdot \left[\frac{(R + \rho)^2 - R_K(2R_K + 2\rho)}{(R_K + \rho)^2} \right] = 0 \quad 9.2.6$$

Για να μηδενισθεί η σχέση 9.2.6 πρέπει να είναι:

$$(R_K + \rho)^2 - R_K(2R_K + 2\rho) = 0 \quad 9.2.7$$

από όπου προκύπτει ότι:

$$R_K = \rho \quad 9.2.8$$

Αυτό σημαίνει ότι η πηγή παρέχει την μέγιστη ισχύ στο κύκλωμα καταναλώσεως όταν η αντίσταση καταναλώσεως είναι ίση με την εσωτερική αντίσταση της πηγής.

Η σχέση 9.2.8 εκφράζει την **συνθήκη προσαρμογής** της αντιστάσεως R_K προς την εσωτερική αντίσταση ρ της πηγής. Από την σχέση 9.2.1 μπορούμε να δούμε ότι το ρεύμα I , στην περίπτωση που $R_K = \rho$, είναι ίσο με το μισό του ρεύματος βραχυκυκλώσεως. Ήτοι:

$$E = R_K \cdot I + \rho \cdot I = \rho \cdot I + \rho \cdot I = 2\rho \cdot I$$

άρα $I = \frac{E}{2\rho}$ 9.2.9

Απαιτούμενα Υλικά

1. Μία πηγή DC τάσεως.
2. Ένα πολύμετρο.
3. Αντιστάσεις 2,2kΩ, 820Ω ή 3kΩ.
4. Κιβώτιο αντιστάσεων.
5. Χαρτί μιλλιμετρέ, ημιλογαριθμικό για την γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων.

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος 9.2(1). Επειδή η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι συνήθως πολύ μικρή και πρακτικώς ασήμαντη, θεωρούμε τις αντιστάσεις, $2,2\text{K}\Omega$ και 820Ω ότι είναι εσωτερικές αντιστάσεις της πηγής.

Σχ. 9.2(2)

2. Μεταβάλλουμε το φορτίο R_K από 200 έως 1.000Ω με βήματα των 200Ω . Σημειώνουμε το ρεύμα I_K και την τάση V_{AB} για κάθε μεταβολή του φορτίου.
3. Επαναλαμβάνουμε το σημείο 2 με R_K από 1.000 έως $10.000 \text{ }\Omega$ με βήματα των 1.000Ω .
4. Υπολογίζουμε την ωφέλιμη ισχύ από τον τύπο, $P_K = V_{AB} \cdot I_K$
5. Υπολογίζουμε την παραγόμενη τάση E από την σχέση:
 $E = V_{AB} + I_K \cdot \rho$ όπου: $\rho = 3\text{K}\Omega$ ($2,2\text{K}\Omega$ συν 820Ω)
6. Υπολογίζουμε την ολική παραγόμενη ισχύ $P = E \cdot I_K$
7. Υπολογίζουμε την απόδοση του κυκλώματος για τα σημεία 2 και 3 και για κάθε μεταβολή του φορτίου, από την σχέση:

$$\text{Απόδοση κυκλώματος} = \frac{P_K}{P} \cdot 100 = \frac{R_K \cdot I_K}{E \cdot I_K} \cdot 100$$

8. Σχεδιάζουμε την καμπύλη μεταβολής της ωφέλιμης ισχύος πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί, το οποίο έχει τον οριζόντιο άξονα λογαριθμικό και τον κατακόρυφο γραμμικό.

Η διαδικασία που ακολουθούμε για τη σχεδίαση της γραφικής παραστάσεως είναι η εξής:

- i. Σημειώνουμε τις τιμές της αντιστάσεως φορτίου στον οριζόντιο άξονα και τις μεταβολές της ωφέλιμης ισχύος στον κατακόρυφο.
- ii. Ο οριζόντιος άξονας αποτελείται από δύο μέρη, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 9.2.1.

Το πρώτο μέρος θα καλύψει τις τιμές της αντιστάσεως από 200-1.000Ω και το δεύτερο από 1.000-10.000Ω.

Παράδειγμα: Το σημείο 4 του πρώτου μέρους πολλαπλασιάζεται επί $10^2\Omega$ και είναι ίσο με 400Ω και το σημείο 4 του δεύτερου μέρους επί $10^3\Omega$ και ισούται με 4.000Ω .

- iii. Ο κατακόρυφος άξονας είναι γραμμικός. Πάνω σ' αυτόν σημειώνουμε τις μεταβολές της ωφέλιμης ισχύος. Η μέγιστη ισχύς θα είναι το υψηλότερο σημείο του άξονα αυτού.
- iv. Παριστάνομε γραφικά την ωφέλιμη ισχύ, συναρτήσει της αντιστάσεως φορτίου.
- v. Συνδέουμε τα σημεία που προκύπτουν, με μια ομαλή καμπύλη και όχι τεθλασμένη. Αν κάποιο σημείο πέφτει έξω από την καμπύλη το παραλείπομε.

Ερωτήσεις:

1. Γιατί δεν φτάνει η καμπύλη στο μηδέν του οριζόντιου άξονα;
2. Αν η εσωτερική αντίσταση είναι 4.000Ω με ποια αντίσταση φορτίου θα έχουμε την μέγιστη ωφέλιμο ισχύ;
3. Πόση θα είναι η μέγιστη καταναλωθείσα ισχύς από το φορτίο αν η εσωτερική αντίσταση ρ της πηγής είναι ίση με 4.000Ω .
4. Πότε θα είχαμε απόδοση στο κύκλωμα 100%; Εξηγήστε την απάντηση.

ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

10. 1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως μη γραμμικές αντιστάσεις χαρακτηρίζονται ειδικές κατηγορίες αντιστάσεων οι οποίες μεταβάλουν την ωμική τιμή τους από διάφορες αιτίες, όπως θερμοκρασία, ένταση φωτός και εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα τους.

Οι αντιστάσεις που αλλάζουν την ωμική τιμή τους με την αλλαγή της θερμοκρασίας, λέγονται **θερμίστρος** και διακρίνονται σε εκείνες με θετικό θερμικό συντελεστή αντιστάσεως και σε κείνες με αρνητικό.

Οι αντιστάσεις που έχουν σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα τη μεταβολή της ωμικής εξ αιτίας της μεταβολής της εντάσεως του φωτός πάνω στην επιφάνειά τους, ονομάζονται **φωτοαντιστάσεις**.

Τέλος οι αντιστάσεις που εξαρτώνται από την τάση, έχουν σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα, την άμεση εξάρτησή τους από την τιμή της τάσεως που εμφανίζεται στα άκρα τους.

Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με τα θερμίστρος.

ΑΣΚΗΣΗ 10^η

10.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕΤΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

α. Θετικός θερμικός συντελεστής

Σκοπός: Να φανεί πειραματικά η μεταβολή της ωμικής τιμής αντιστάσεως με θετικό θερμικό συντελεστή.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Γνωρίζουμε από την φυσική ότι, η μεταβολή της αντιστάσεως των αγωγών ΔR μετά της θερμοκρασίας, όταν αυτή δεν ξεπερνά τους 200°C , είναι ανάλογη της αντιστάσεως R , ανάλογη του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι αγωγοί και από την μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$. Δηλαδή:

$$\Delta R = \alpha R \cdot \Delta\theta$$

10.2.1

ο συντελεστής α εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και λέγεται θερμικός συντελεστής της αντιστάσεως. Ο συντελεστής αυτός στην περίπτωση μας είναι θετικός. Αυτό σημαίνει ότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας, αυξάνεται και η αντίσταση του αγωγού.

Υποθέτουμε ότι R_0 είναι η αντίσταση αγωγού σε 0°C και R_θ η αντίσταση αυτού σε $\theta^\circ\text{C}$, από τη σχέση 10.2.1 έχουμε:

$$R_\theta - R_0 = \alpha R_0 \Delta\theta \quad 10.2.2$$

$$R_\theta = R_0(1 + \alpha\Delta\theta) \quad 10.2.3$$

και
$$\alpha = \frac{R_\theta - R_0}{R_0 \cdot \Delta\theta} \quad 10.2.4$$

Μονάδα μετρήσεως του θερμικού συντελεστή α είναι το grad^{-1} .

Απαιτούμενα υλικά

1. Συσκευή, που να περιλαμβάνει κυκλώματα με λάμπες θετικού θερμικού συντελεστή αντιστάσεως.
2. Πολύμετρο (Αμπερόμετρο, Βολτόμετρο, Ωμόμετρο).
3. Πηγή τροφοδοσίας.
4. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Μετράμε την αντίσταση της λάμπας και την σημειώνουμε σαν R_1
2. Εφαρμόζουμε τάση στην συσκευή.
3. Μετράμε την τάση V της λάμπας, όταν είναι αναμμένη.
4. Μετράμε το ρεύμα I που διαρρέει την λάμπα.
5. Από το νόμο του Ohm καθορίζουμε την $R_2 = V/I$.
6. Κάνουμε τη σύγκριση των δύο τιμών των αντιστάσεων R_1 και R_2 και διακρίνουμε τη διαφορά, που οφείλεται στο γεγονός της αύξησης της θερμοκρασίας, διότι με το άναμμα της λάμπας ζεσταίνεται το νήμα της.

β. Αρνητικός θερμικός Συντελεστής

Σκοπός: Να φανεί πειραματικά η μεταβολή της ωμικής τιμής της αντιστάσεως με αρνητικό θερμικό συντελεστή .

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Η μεταβολή της αντιστάσεως στα διάφορα αγώγιμα υλικά μετά της θερμοκρασίας είναι πολύ μικρή, γιατί οι αντιστάσεις των θεωρούνται σταθερές. Στα θερμίστορες όμως δεν συμβαίνει αυτό, διότι έχουμε πολύ μεγάλες διαφορές της ωμικής αντίστασης αυτών, για τον λόγο ότι είναι πολύ ευαίσθητα στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Λόγω της ευαισθησίας των αυτής τα θερμίστορες ονομάζονται μη γραμμικές αντιστάσεις, δηλαδή αντιστάσεις για τις οποίες δεν ισχύει ο νόμος του Ohm υπό την απλή μορφή που εμείς γνωρίζουμε.

Τα θερμίστορες είναι αρκετά χρήσιμα στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Είναι μικρά σε μέγεθος και βάρος και εργάζονται σε DC και AC ρεύμα. Περισσότερο χρησιμοποιούνται τα θερμίστορες με υψηλό αρνητικό θερμικό συντελεστή.

Απαιτούμενα υλικά

1. Συσκευή, που περιλαμβάνει κυκλώματα με θερμίστορες υψηλού αρνητικού συντελεστή αντιστάσεως.
2. Πολύμετρο.
3. Πηγή τροφοδοσίας.
4. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Μετράμε την ωμική αντίσταση του κυκλώματος και την σημειώνουμε με το γράμμα R_1 .
2. Εφαρμόζουμε τάση στο κύκλωμα.
3. Μετράμε την πτώση τάσεως επί του κυκλώματος και τη σημειώνουμε με το γράμμα V .
4. Μετράμε το ρεύμα I του κυκλώματος.
5. Από τη σχέση $R_2 = V/I$, βρίσκουμε την R_2 .
6. Συγκρίνουμε τις δύο τιμές της αντιστάσεως του κυκλώματος και βλέπουμε τη διαφορά της ωμικής τιμής αυτού, πράγμα που οφείλεται στην ελάττωση της αντιστάσεως του θερμίστορα.-

ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ RELAY (ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΣ)

11.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το ηλεκτρομαγνητικό Relay είναι μία επινόηση που κάνει χρήση της επιδράσεως του μαγνητικού πεδίου σε κοντινά σιδηρομαγνητικά υλικά. Η ικανότητά του να μετατρέπει την ενεργοποίηση του μαγνητικού πεδίου σε μαγνητική δύναμη, επιτρέπει την χρήση του Relay σαν συσκευή, που ανοίγει και κλείνει μηχανικούς διακόπτες. Το σχήμα 11.1(1) δείχνει την κατασκευή και το γραφικό συμβολισμό ενός Relay.

Σχ. 11.1(1)

Ένα τυπικό Relay περιέχει μερικές επαφές που μπορούν να καταταγούν σε δύο κατηγορίες:

- α. Επαφές που ανοίγουν όταν το Relay από-ενεργοποιείται. Το σύμβολο για τέτοιες επαφές είναι «N.O» (Normally Open).
- β. Επαφές που κλείνουν όταν το Relay από-ενεργοποιείται. Το σύμβολο για τέτοιες επαφές είναι «N.C» (Normally Closed).

Στο σχήμα 11.1(2) φαίνονται οι δύο τύποι των προηγούμενων Relay.

Σχ. 11.1(2)

Μία χαρακτηριστική ιδιότητα των ηλεκτρονίων είναι, ότι, το ρεύμα που χρειάζονται για να ενεργοποιηθούν είναι πολύ μεγαλύτερο από το ρεύμα που χρειάζονται για την από-ενεργοποίησή τους. Επί παραδείγματι: ένα Relay με ρεύμα διέγερσης 10 A θα έχει ρεύμα από-ενεργοποίησης 3mA. Αυτό το χαρακτηριστικό απορρέει από την καμπύλη υστέρησης του Relay.

11.2 ΤΥΠΟΙ RELAYS ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΥΤΩΝ.

α. Το Relay διακόπτης

Το μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης του Relay σαν διακόπτης, είναι ότι το ρεύμα που χρειάζεται να ενεργοποιηθεί είναι πολύ μικρότερο από το ρεύμα που το από-ενεργοποιεί.

β. Το αυτοσυγκρατούμενο Relay

Το αυτοσυγκρατούμενο Relay χρησιμοποιείται σε κυκλώματα που μετά από μια αρχική ενεργοποίηση, διατηρείται το Relay ενεργοποιημένο από μόνο του. Μία συσκευή που χρησιμοποιεί το αυτοσυγκρατούμενο Relay είναι το σύστημα συναγερμού για κλέφτες. Το σχήμα 11.2(1) δείχνει ένα αυτοσυγκρατούμενο Relay.

Σχ. 11.2(1)

ΕΞΗΓΗΣΗ: Κλείνοντας ο διακόπτης S ενεργοποιεί το Relay και οι διακόπτες A και B κλείνουν. Ο διακόπτης A είναι υπεύθυνος για την ενεργοποίηση του Relay ακόμη και αν ο διακόπτης S ανοίξει. Ο διακόπτης B «κλειδώνει» το κύκλωμα της λάμπας. Ανοίγοντας τον διακόπτη SO, δηλαδή διακόπτοντας την πηγή, σταματάει η λειτουργία του κυκλώματος.

γ. Το Relay «δονητής»

Το δονούμενο Relay ονομάζεται και σφυρί του Βάγκνερ και αποτελεί την βάση του ηλεκτρικού κουδουνιού. Το σχήμα 11.2(2) δείχνει ένα δονούμενο Relay.

Σχ. 11.2(2)

Οι επαφές του Relay που συνδέονται σε σειρά με το κύκλωμα του πηνίου, είναι τύπου N.C. Όταν περνά ρεύμα από το πηνίο, ο διακόπτης S είναι κλειστός, τότε το πηνίο αποσυνδέεται από το κύκλωμα. Στην κατάσταση αυτή ο διακόπτης επανέρχεται στην προηγούμενη θέση N.C. αλλά, πάλι το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα και επαναλαμβάνεται η προηγούμενη διαδικασία από μόνη της. Αποσυνδέοντας την πηγής της τάσεως, ανοίγοντας δηλαδή τον S, σταματάει η λειτουργία του Relay.

ΑΣΚΗΣΗ 11^η

11.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΛΕΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ RELAYS

α) Ρεύματα διεγέρσεως και αποδιεγέρσεως

Απαιτούμενα υλικά

1. Δύο πηγές DC τάσεως, εκ των οποίων η μία μεταβλητής τάσεως.
2. Ένα μιλλιαμπερόμετρο (Πολύμετρο)
3. Relay τριών επαφών
4. Μία ενδεικτική λάμπα
5. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 11.3(1).

Σχ. 11.3(1)

2. Μετράμε την ωμική αντίσταση του πηνίου του Relay R_1 μεταξύ των σημείων A και B, σημειώνοντας το αποτέλεσμα στον πίνακα 11.3(1).

Ρεύμα Πηνίου (mA)	Αντίσταση Πηνίου (Ω)

Πίνακας 11.3(1)

3. Αυξάνουμε την τάση της πηγής E_1 μέχρι να ανάψει η λάμπα L. Σημειώνουμε την ένδειξη του αμπερόμετρου, σ' αυτή την κατάσταση, στον πίνακα 11.3(1) και 11.3(2).

Ρεύμα Διέγερσης (mA)	Ρεύμα αποδιέγερσης (mA)

Πίνακας 11.3(2)

4. Μειώνουμε σιγά-σιγά την τάση της E_1 έως ότου η λάμπα L σβήσει. Μετράμε το ρεύμα αποδιέγερσης και το σημειώνουμε στον πίνακα 11.3(2).

5. Συγκρίνουμε τα ρεύματα διέγερσης και αποδιέγερσης.

β. Λειτουργία των N.C και N.O Relay

Απαιτούμενα υλικά

1. Δύο πηγές DC τάσεως
2. Ένα Relay τριών επαφών
3. Ένα διακόπτη
4. Μία ενδεικτική λάμπα
5. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 11.3(2)
2. Κλείνουμε τον διακόπτη S και παρατηρούμε την συμπεριφορά της λάμπας L. Επαναλαμβάνουμε το άνοιγμα και κλείσιμο του διακόπτη S μερικές φορές.
3. Ανοίγουμε τον διακόπτη S
4. Μεταφέρουμε τη σύνδεση από την επαφή Νο 3 του Relay στην επαφή Νο. 1 και επαναλαμβάνουμε το σημείο 2 της πορείας εργασίας.

γ. Αυτοσυγκρατούμενο Relay

Απαιτούμενα υλικά

1. Δύο πηγές DC, μία εκ των οποίων μεταβλητής τάσεως
2. Μία αντίσταση $R_1=100\Omega$
3. Δύο διακόπτες S_1 και S_2
4. Ένα αυτοσυγκρατούμενο Relay
5. Μία ενδεικτική λάμπα
6. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 11.3(3)
2. Η τάση της πηγής E_1 είναι ίση με το μηδέν.

Σχ. 11.3(2)

3. Κλείνουμε του διακόπτες S_1, S_2 και αυξάνουμε την τάση της πηγής E_1 έως ότου ανάψει η ενδεικτική λάμπα L.

Σχ. 11.3(3)

4. Ανοίγουμε το διακόπτη S_1 και ελέγχουμε εάν το Relay είναι ή όχι οπλισμένο με το κύκλωμα της λάμπας L.
5. Ανοίγουμε το διακόπτη S_2 και κάνουμε τις σχετικές παρατηρήσεις, επαναλαμβάνοντας της πορεία από το σημείο 2 αρκετές φορές.

δ. Λειτουργία του Relay σαν σφυρί του Βάγκνερ

Απαιτούμενα υλικά

1. Μία πηγή DC τάσεως
2. Ένα Relay τύπου «δονητή»
3. Ένα διακόπτη
4. Μία δίοδο
5. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 11.3(4)
2. Κλείνουμε τον διακόπτη S και παρατηρούμε τη συμπεριφορά του Relay.
3. Συνδέουμε ένα παλμογράφο στα άκρα του πηνίου A,B και παρατηρούμε την κυματομορφή που προκύπτει.
4. Συνδέουμε τη δίοδο στα σημεία A,B με την κάθοδο στο σημείο A και παρατηρούμε τι επίδραση έχει στην κυματομορφή. Εξηγούμε το φαινόμενο.

Σχ. 11.3(4)

Ερωτήσεις:

1. Περιγράψτε τις δυνατές χρήσεις του N.O και N.C Relay.
2. Περιγράψτε διάφορες χρήσεις του αυτοσυγκρατούμενου Relay.
3. Εξηγήστε τη λειτουργία του κυκλώματος του αυτοσυγκρατούμενου Relay.
4. Εξηγήστε τη λειτουργία του Relay δονητού.

ΑΣΚΗΣΗ 12^η

Υπολογισμός της ισχύος DC με βολτόμετρο και αμπερόμετρο.

1.-Γενικά.

Ισχύ ονομάζουμε την ενέργεια ανά δευτερόλεπτο. Την ισχύ που απορροφάει μια συσκευή συνεχούς ρεύματος μπορούμε να την υπολογίσουμε όταν γνωρίζουμε δύο από τα ακόλουθα μεγέθη:

ένταση ρεύματος, τάση ή αντίσταση,

με τη βοήθεια των παρακάτω σχέσεων:

$$P=VI$$

όταν γνωρίζουμε την τάση που εφαρμόζεται στη συσκευή και το ρεύμα που τη διαρρέει.

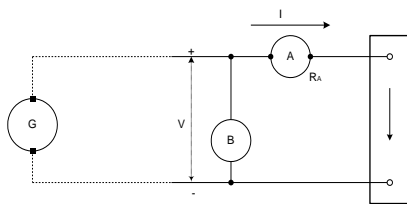
$$P = \frac{V^2}{R}$$

όταν γνωρίζουμε την τάση που εφαρμόζεται στη συσκευή και την αντίστασή της.

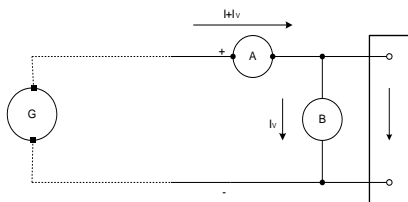
$$P = I^2 \cdot R$$

όταν γνωρίζουμε την αντίσταση της συσκευής και το ρεύμα που τη διαρρέει.

Αν έχουμε μια κατανάλωση DC μπορούμε με ένα αμπερόμετρο και ένα βολτόμετρο να μετρήσουμε την ένταση που διαρρέει την συσκευή και την τάση που εφαρμόζεται σ' αυτή. Κατά συνέπεια το γινόμενο της τάσης-έντασης μας δίνει την ισχύ της συσκευής. Η σύνδεση των οργάνων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους (Σχ. 1).



$$P = V \cdot I - I^2 \cdot R_A$$



$$P = V \cdot I - \frac{V^2}{R_V}$$

Σχ. 1.1 , 1.2

Στη συνδεσμολογία του Σχ. 1.1 ο πολλαπλασιασμός των ενδείξεων βολτομέτρου-αμπερομέτρου δεν θα μας δώσει την πραγματική τιμή της ισχύος της καταναλώσεως γιατί η τάση που δείχνει το βολτόμετρο είναι μικρότερη από την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της καταναλώσεως κατά την πτώση που δημιουργεί το αμπερόμετρο.

$$P = I \cdot (V - IR_A) = IV - I^2 R_A$$

Στη συνδεσμολογία του Σχ.1.2 το αμπερόμετρο δείχνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την κατανάλωση αλλά και την ένταση I_V που διαρρέει το βολτόμετρο η οποία πρέπει να αφαιρεθεί.

$$P = V(I - I_V) = V\left(I - \frac{V}{R_V}\right) = VI - \frac{V^2}{R}$$

2.- Σκοπός

Η απόκτηση ικανότητας στη σωστή συνδεσμολογία των οργάνων για τον υπολογισμό της ισχύος.

3.- Απαιτούμενα υλικά.

- α) Βολτόμετρο
- β) Αμπερόμετρο
- γ) Πηγή συνεχούς ρεύματος
- δ) Ένα σχετικό φορτίο
- ε) Εύκαμπτοι αγωγοί για τις συνδέσεις.

4.- Πορεία εργασίας.

- 1.-Συνδέουμε το κύκλωμα όπως φαίνεται στο Σχ..1.1.
- 2.-Ελέγχουμε τη συνδεσμολογία με την παρουσία του εκπαιδευτικού του εργαστηρίου.
- 3.-Διαβάζουμε και σημειώνουμε τις ενδείξεις των οργάνων.
- 4.- Συνδέουμε το κύκλωμα όπως φαίνεται στο Σχ..1.2.
- 5.- Ελέγχουμε τη συνδεσμολογία με την παρουσία του εκπαιδευτικού του εργαστηρίου.
- 6.- Διαβάζουμε και σημειώνουμε τις ενδείξεις των οργάνων
- 7.-Ξεσυνδέουμε το κύκλωμα και βάζουμε τα υλικά στη θέση τους.
- 8.-Υπολογίζουμε την ισχύ και για τις δύο περιπτώσεις και δικαιολογούμε τυχόν διαφορές.

4.- Ερωτήσεις και προβλήματα.

- 1.-Τι είναι η ηλεκτρική ισχύς και με ποια μονάδα μετρείται;
- 2.-Τι είναι το βαττ (W) και τι αντιπροσωπεύει;
- 3.-Ποια είναι το πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του βαττ (W) ;

ΑΣΚΗΣΗ 13^η

Μέτρηση της ισχύος DC με το βαττόμετρο.

1.- Γενικά.

Για τη μέτρηση της ισχύος χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα που λέγονται βαττόμετρα.

Τα βαττόμετρα είναι ηλεκτροδυναμικά όργανα που μετράνε την ισχύ στα συνεχή και εναλλασσόμενα ρεύματα κατ' ευθείαν.

Το πηνίο τάσεως των βαττόμετρων μπορεί να συνδεθεί κατά δύο τρόπους:

Ο πρώτος τρόπος φαίνεται στο Σχ. 1.1. Η ισχύς που δείχνει το βαττόμετρο είναι

$$V_1 \cdot I = VI + R_a I^2$$

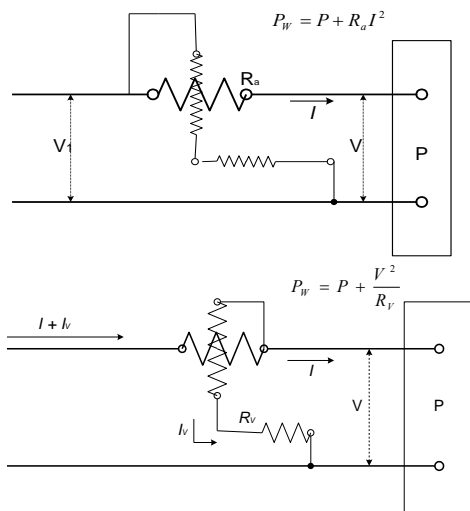
ενώ η ισχύς της καταναλώσεως είναι:

$$V \cdot I = V_1 I - R_a I^2$$

Παρατηρούμε ότι η ισχύς που δείχνει το βαττόμετρο είναι μεγαλύτερη από την ισχύ της καταναλώσεως κατά $R_a I^2$, δηλαδή κατά τις απώλειες joule του βαττομέτρου.

Ο δεύτερος τρόπος φαίνεται στο Σχ.1.2. Η ισχύς που δείχνει το βαττόμετρο είναι:

$$(I + I_v) \cdot V = IV + I_v V \quad \text{ή} \quad (I + I_v) \cdot V = IV + \frac{V}{R_v} \cdot V$$



Σχ.1.1

Σχ. 1.2

Ενώ η ισχύς της καταναλώσεως είναι:

$$I \cdot V = (I + I_V)V - \frac{V^2}{R_V}$$

Το βαττόμετρο και στις δύο περιπτώσεις δείχνει ισχύ μεγαλύτερη από αυτή της καταναλώσεως.

Η συνδεσμολογία του Σχ. 1.1 πρέπει να χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις εκείνες που η ισχύς δίνεται στην κατανάλωση με μεγάλη τάση και μικρή ένταση ρεύματος.

Η συνδεσμολογία του Σχ. 1.2 πρέπει να χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που η ισχύς παρέχεται με μικρή τάση και μεγάλη σχετικά ένταση.

2.-Σκοπός.

Η απόκτηση ικανότητας στον τρόπο συνδεσμολογίας του βαττομέτρου σε κύκλωμα DC και στη μέτρηση της ισχύος.

3.-Απαιτούμενα υλικά:

- α)Βαττόμετρο.
- β) Αντίσταση φορτίου ρυθμιζόμενη 0 - 200Ω.
- γ)Πηγή συνεχούς ρεύματος 110V 2,5kW.
- δ) Εύκαμπτοι αγωγοί για τις συνδέσεις.

4.-Πορεία εργασίας.

Για να πετύχουμε τον παραπάνω σκοπό πρέπει:

- 1.- να συνδέσουμε το παρακάτω σχήμα.
- 2.-να ελέγξουμε τη συνδεσμολογία παρόντος του υπευθύνου του εργαστηρίου.
- 3.-να φέρουμε το δρομέα της ρυθμιζόμενης αντίστασης σε τέτοια θέση ώστε να παρεμβάλετε ολόκληρο το φορτίο στο κύκλωμα.
- 4.-παίρνουμε τρεις ενδείξεις του βαττομέτρου για τρεις διαφορετικές τιμές του φορτίου(σημειώνοντας τις θέσεις).
- 5.-συνδέουμε το πηνίο τάσεως του βαττομέτρου στα σημεία ΒΓ.
- 6.- να φέρουμε το δρομέα της ρυθμιζόμενης αντίστασης σε τέτοια θέση ώστε να παρεμβάλετε ολόκληρο το φορτίο στο κύκλωμα.
- 7.-παίρνουμε τις ενδείξεις του βαττομέτρου για τις προηγούμενες θέσεις του δρομέα του φορτίου.
- 8.-συγκρίνουμε τις αντίστοιχες ενδείξεις και βγάζουμε τα συμπεράσματά μας από τις τυχόν διαφορές.

5.-Ερωτήσεις και προβλήματα

Το ένα άκρο του πηνίου τάσεως μπορεί να συνδεθεί είτε προς την πλευρά της κατανάλωσης είτε προς την πλευρά της πηγής. Αν θέλουμε να έχουμε το μικρότερο δυνατό σφάλμα, ποια είναι τα στοιχεία του κυκλώματος που θα καθορίσουν τη σύνδεση και γιατί;

12.-Εισαγωγή στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα.

Μια μαθηματική συνάρτηση $f(t)$ είναι εναλλασσόμενη όταν εκπληρώνονται τρεις βασικές συνθήκες:

- Όταν η τιμή της εναλλάσσεται, δηλαδή παίρνει θετικές και αρνητικές τιμές σε σχέση με το χρόνο t .
- Όταν η εναλλαγή της γίνεται περιοδικά, δηλαδή όταν ο κάθε κύκλος της εναλλασσόμενης κυματομορφής επαναλαμβάνεται σε ίσα χρονικά διαστήματα.
- Όταν το ολοκλήρωμα της $f(t)$ για μια περίοδο T είναι ίσο με το μηδέν:

$$\int_t^{t+T} f(t)dt = 0$$

Στην ηλεκτρολογία ενδιαφερόμαστε μόνο για τις ημιτονοειδείς κυματομορφές. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ηλεκτρικές ποσότητες, (τάση και ρεύμα), σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις είναι ημιτονοειδείς.

Με τον όρο **ημιτονοειδείς** εννοούμε τις συναρτήσεις του ημίτονου και του συνημίτονου με οποιαδήποτε γωνία φάσης, επειδή όλες αυτές οι σχέσεις μπορούν να εκφραστούν σαν ημίτονα με απλή μετατόπιση του άξονα αναφοράς.

Η μαθηματική εξίσωση της κυματομορφής αυτής είναι:

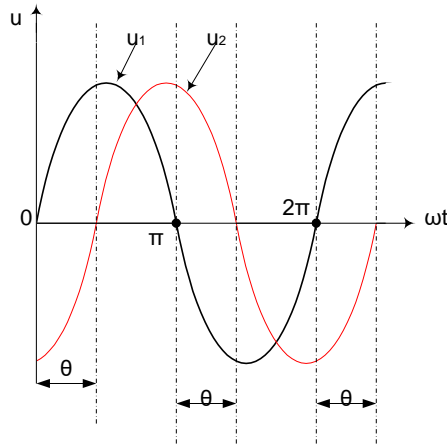
$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \theta)$$

- όπου:
- $u(t)$ = στιγμιαία τιμή ή χρονική συνάρτηση της τάσης.
 - U_m = πλάτος ή μέγιστη τιμή της τάσης.
 - ωt = όρισμα του συνημίτονου
 - θ = αρχική φάση ή γωνία φάσης.

Η γωνιακή ταχύτητα ω είναι σταθερή και στην ηλεκτροτεχνία ονομάζεται **κυκλική συχνότητα** με μονάδα το **rad/s** (ακτίνιο ανά δευτερόλεπτο).

Ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος της κυματομορφής ονομάζεται **περίοδος T** και έχει μονάδα το δευτερόλεπτο (s).

Η αντίστροφη ποσότητα της T είναι η **συχνότητα f**: $f = \frac{1}{T}$



Σχ.1

με μονάδα το s^{-1} που εκφράζει τον αριθμό των κύκλων ανά δευτερόλεπτο και συμβολίζεται με **Hz** (herz).

Η σχέση ανάμεσα στη συχνότητα **f** και την κυκλική συχνότητα **ω** είναι:

$$\omega = 2\pi f$$

Το σχήμα 1 δείχνει δύο ημιτονοειδείς κυματομορφές για τις εξής σχέσεις:

$$\begin{aligned} u_1 &= U_m \eta\mu\omega t \\ u_2 &= U_m \eta\mu(\omega t + \theta) \end{aligned}$$

Η μοναδική διαφορά ανάμεσα στις δύο τάσεις u_1 και u_2 είναι η γωνία φάσεως θ που έχει σημειωθεί στο παραπάνω σχήμα.

Μπορούμε να πούμε ότι η u_1 καθυστερεί από την u_2 κατά ένα χρόνο ίσο με $t = \theta/\omega$.

Μέση και ενεργός τιμή εναλλασσόμενου ρεύματος.

Όταν λέμε ότι κάποιο Σ.Ρ. είναι ίσο με ένα αμπέρ ξέρουμε ότι το ρεύμα αυτό είναι σταθερό και ίσο με 1Α ανεξάρτητα από το χρόνο. Αντίθετα δεν συμβαίνει το ίδιο στα Ε.Ρ. επειδή η τιμή του μεταβάλλεται από τη μια στιγμή στην άλλη. Η μέγιστη τιμή U_m ή I_m δεν είναι όρος ικανοποιητικός επειδή εμφανίζεται μόνο μια χρονική στιγμή μέσα σε μια περίοδο. Επίσης η μέση τιμή σε μια περίοδο της τάσεως $u(t)$ ή του ρεύματος $i(t)$, είναι ίση με το μηδέν, όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από το σχήμα 1.

Έτσι η μέση αυτή τιμή δεν προσφέρει καμία απολύτως πληροφορία.

Αν υπολογίσουμε τη μέση τιμή σε μια ημιπερίοδο θα διαπιστώσουμε ότι δεν είναι μηδέν. Η τιμή I_μ είναι ίση με:

$$(I) \quad I_\mu = \frac{2I_m}{\pi} = 0,6366I_m \quad -$$

Αναρωτιόμαστε τώρα τι ακριβώς μας λέει η μέση τιμή I_μ .

Σε τι μπορεί να μας χρησιμεύσει η I_μ :

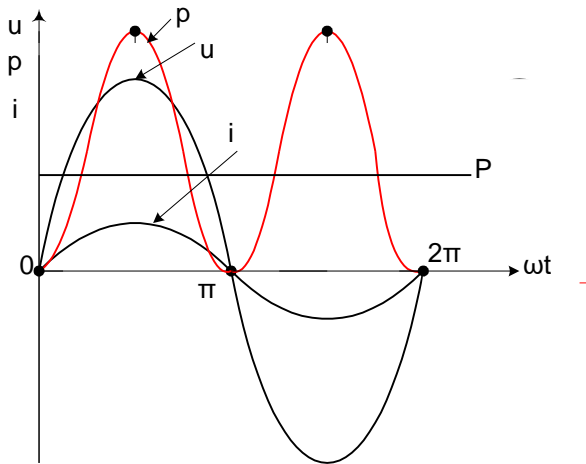
Η απάντηση μπορεί να δοθεί **αν καθορίσουμε το σκοπό** για τον οποίο αναζητούμε την τιμή αυτή.

Οπωσδήποτε ο υπολογισμός της ηλεκτρικής ισχύος του Ε.Ρ. είναι ένας από τους βασικούς μας στόχους. Ένας άλλος στόχος μας είναι ο συσχετισμός της ισχύος του Ε.Ρ. με εκείνη του Σ.Ρ. Με άλλα λόγια θέλουμε να ξέρουμε ποια τιμή Σ.Ρ. θα μας δώσει την ίδια ισχύ με κάποιο γνωστό Ε.Ρ. μέγιστης ισχύος I_m . Η τιμή του ρεύματος που ορίζεται με τον τρόπο αυτό ονομάζεται **ενεργός τιμή** και συμβολίζεται με I_{ev} . Αν πρόκειται για εναλλασσόμενη τάση η ενεργός τιμή της συμβολίζεται με U_{ev} . Καθώς θα διαπιστώσουμε στη συνέχεια η ενεργός τιμή I_{ev} ή U_{ev} είναι διαφορετική από τη μέση I_μ και U_μ .

Η στιγμιαία ισχύς είναι ίση με:

$$p = ui = i^2R = u^2/R$$

Το σχήμα 2 δείχνει γραφικά τη σχέση ανάμεσα στο ρεύμα $i(t)$, την τάση $u(t)$ και την στιγμιαία ισχύ $p(t)$, όταν το ηλεκτρικό στοιχείο πάνω στο οποίο παρατηρούνται αυτά είναι μια ωμική αντίσταση.



Σχ.2

Αξίζει να παρατηρήσουμε ότι η **στιγμιαία ισχύς $p(t)$ είναι πάντα** θετική και κυμαίνεται μέσα σε μια ημιπερίοδο από μια μέγιστη τιμή $P_m = U_m I_m$ και μια ελάχιστη που είναι ίση με το μηδέν.

Από πρακτική σκοπιά δεν μας χρησιμεύει πολύ να γνωρίζουμε τη στιγμιαία ισχύ. Αυτό που πραγματικά είναι χρήσιμο, είναι η μέση τιμή της ισχύος **P** που είναι ο ρυθμός κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας πάνω στην αντίσταση **R**. Αν γνωρίζουμε τη μέση ισχύ **P**, σχήμα 2, και την πολλαπλασιάσουμε με το χρόνο θα βρούμε την ενέργεια που καταναλώνεται στην αντίσταση **R**.

Η μέση τιμή της ισχύος όμως είναι ίση με:

$$P = \text{μέση τιμή του } [i^2R] = (\text{μέση τιμή του } i^2) \cdot R$$

Σχετικά με τον ορισμό της ενεργού τιμής του ρεύματος I_{ev} , η μέση ισχύς **P** είναι:

$$P = I^2 R$$

άρα έχουμε:

$$I_{ev} R = (\text{μέση τιμή του } i^2) R$$

$$I_{ev} = \sqrt{\text{μέση τιμή του } i^2}$$

Από την τελευταία σχέση διαπιστώνουμε ότι $I_{εν} = I_m$.

Το σχήμα 3 δείχνει γραφικά τη σχέση ανάμεσα στο i^2 και στην ενεργό τιμή $I_{εν}$. Για μια ημιτονοειδή κυματομορφή ισχύουν οι εξής σχέσεις:

$$I_{εν} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

$$U_{εν} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m$$

Σχ.3

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να αποδείξουμε τις παραπάνω σχέσεις.

Έναν απ' αυτούς παραθέτουμε στη συνέχεια:

Έστω ότι το Ε.Ρ. που διαρρέει μια ωμική αντίσταση R είναι:

$$i = I_m \sin \omega t$$

Τότε ισχύουν τα παρακάτω:

$$p = i^2 R = I_m^2 \sin^2 \omega t R$$

Από την τριγωνομετρία δανειζόμαστε την εξής ιδιότητα:

$$\sin^2 x = \frac{1}{2} (1 + \sin 2x)$$

Έτσι η στιγμιαία ισχύς p γίνεται τώρα:

$$p = \frac{1}{2} I_m^2 (1 + \sin 2\omega t) R = \frac{1}{2} I_m^2 R + \frac{1}{2} I_m^2 \sin 2\omega t R$$

Παρατηρούμε ότι η στιγμιαία ισχύς p έχει δύο όρους:

$$\begin{aligned} & \text{ένα σταθερό } \frac{1}{2} I_m^2 R, & \text{και} \\ & \text{ένα εναλλασσόμενο } \frac{1}{2} I_m^2 R \text{ συνωτ.} \end{aligned}$$

Η μέση τιμή του δεύτερου όρου είναι ίση με το μηδέν. Έτσι διαπιστώνουμε ότι η μέση ισχύς είναι ίση με το σταθερό όρο μονάχα:

$$p = \frac{1}{2} I_m^2 R = I_{\text{ev}}^2 R$$

Άρα:

$$I_{\text{ev}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

ΕΠΑΓΩΓΕΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

13.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος οι ωμικές αντιστάσεις περιορίζουν το ποσόν του ρεύματος. Επίσης οι ωμικές αντιστάσεις, αντιστέκονται στην διόδο του ρεύματος μέσω αυτών στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος. Εκτός όμως από τις ωμικές αντιστάσεις, στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος αντιδρούν και μεταβάλλουν το ρεύμα τα πηνία και οι πυκνωτές.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πηνίων είναι η επαγωγή του L και η επαγωγική του αντίσταση X_L . Η επαγωγή L είναι σταθερή και μετρείται σε henry. Η επαγωγική αντίσταση X_L μετρείται σε ohm και δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη συχνότητα F του εναλλασσόμενου ρεύματος. Η εξίσωση 13.1.1 δείχνει την σχέση X_L και F .

$$X_L = 2\pi FL \quad (13.1.1)$$

όπου $\pi=3,14$ και F Hz (σε κύκλους)

Από την παραπάνω εξίσωση 12.1.1 μπορούμε να βγάλουμε μερικά χρήσιμα συμπεράσματα.

Σχ. 13.1(1)

Στο σχήμα 13.1(1) φαίνεται η μεταβολή της X_L συναρτήσει της F για $L=1,59$ Henry.

Είναι μια ευθεία γραμμή. Μπορούμε δηλαδή να πούμε ότι η σχέση μεταξύ X_L και F είναι γραμμική.

Ένα άλλο συμπέρασμα που βγαίνει από την εξίσωση 13.1.1 είναι ότι για το συνεχές ρεύμα είναι $X_L=0$ διότι $F=0$. Δεν υπάρχει καθόλου επαγωγική αντίσταση στο συνεχές ρεύμα. Άρα μία επαγωγή δεν έχει καμία επίδραση στη διέλευση ρεύματος DC σταθερού πλάτους, εφόσον ή $X_L=0$.

Επίσης από την ίδια εξίσωση προσδιορίζουμε τη σχέση μεταξύ της X_L και της L .

Εάν η F παραμείνει σταθερή και αυξηθεί ή μειωθεί η L τότε αυξάνει ή μειώνεται η X_L . Εάν σχεδιάζαμε την X_L συναρτήσει της L , η σχέση θα ήταν γραμμική.

13.2- ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

Ένα πηνίο αποτελείται από ένα αριθμό σπειρών μονωμένου σύρματος και τυλιγμένου γύρω από ένα πυρήνα. Μπορεί να αποτελείται από μερικές μόνο σπείρες ή από χιλιάδες. Όσο περισσότερες σπείρες υπάρχουν τόσο μεγαλύτερη είναι η L . Η διάμετρος του σύρματος που χρησιμοποιείται για το τύλιγμα εξαρτάται από το μέγιστο ρεύμα που θέλουμε να περάσει απ' αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος τόσο μεγαλύτερο ρεύμα μπορεί να περάσει από το πηνίο. Εάν περάσει μεγαλύτερο ρεύμα από το επιτρεπόμενο τότε το τύλιγμα του πηνίου θα υπερθερμανθεί και μπορεί να καεί, καίγοντας και τις ενδιάμεσες μονώσεις και να καταλήξει σε βραχυκύκλωμα ή σε διακοπή.

Στην Ηλεκτροτεχνία, όπου έχουμε μεγάλα ρεύματα, έχουμε μεγάλες διατομές για τα σύρματα των τυλιγμάτων των πηνίων. Στην Ηλεκτρονική αντίθετα έχουμε να κάνουμε με μικρά ρεύματα και έτσι και η διάμετρος του σύρματος είναι πολύ μικρή. Η αντίσταση ενός πηνίου με πολλές σπείρες θα είναι αρκετά σημαντική, εφόσον αυτή είναι ανάλογη του μήκους. Βλέπουμε ότι τα χαρακτηριστικά της επαγωγής και της ωμικής αντίστασης συνδέονται σε ένα πηνίο. Στο πηνίο η ωμική αντίσταση δεν μπορεί να απομονωθεί από την επαγωγή. Στην σχηματική παράσταση 13.2(1) φαίνεται ότι τα δύο αυτά χαρακτηριστικά του πηνίου, δρουν σε σειρά.

Σχ. 13.2(1)

Η ωμική αντίσταση ενός πηνίου μπορεί να μετρηθεί με ένα Ωμόμετρο. Επίσης το πηνίο μπορεί να αντιπροσωπευθεί με το ισοδύναμο σειράς του σχήματος 13.2(1).

Στην πράξη όταν δοκιμάζουμε ένα πηνίο με το πολύμετρο, μπορούμε να δούμε αν είναι ή όχι κομμένο το σύρμα του τυλιγμάτος του. Ειδικά όργανα χρειάζονται για την ανίχνευση πηνίου με βραχυκυκλωμένες σπείρες.

13.3-ΣΧΕΣΕΙΣ ΦΑΣΕΩΣ ΜΕΤΑΞΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΑΣΕΩΣ ΣΕ ΠΗΝΙΟ

Σ' ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος καθώς αυξάνει η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα μιας αντιστάσεως R , αυξάνει και το ρεύμα μέσω της R . Το ίδιο συμβαίνει και στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος. Εάν μία ημιτονική τάση V εφαρμοσθεί στα άκρα της R , τότε οι στιγμιαίες μεταβολές του ρεύματος I στην R αλλάζουν ακριβώς με τις ίδιες στιγμιαίες μεταβολές της τάσεως V . Εάν ξαφνικά η V πέσει στο μηδέν τότε το ρεύμα I την ίδια στιγμή μηδενίζεται. Όταν η τάση πάρει την μέγιστη τιμή της τότε και το ρεύμα γίνεται μέγιστο. Μπορούμε να πούμε ότι το ρεύμα και η τάση στην καθαρή ωμική αντίσταση βρίσκονται πάντα σε φάση. Η σχέση αυτή φαίνεται γραφικά στο σχήμα 13.3(1).

Σχ. 13.3(1).

Σ' ένα καθαρά επαγωγικό κύκλωμα η τάση και το ρεύμα δεν είναι σε φάση, αλλά το ρεύμα προηγείται της τάσεως κατά 90° . Το Σχήμα 13.3(2) δείχνει γραφικά τη σχέση τάσεως ρεύματος σε καθαρή επαγωγή.

Σχ. 13.3(2)

Με ένα όργανο που μετράει φάσεις (φασίμετρο) ή με τον πλαγμογράφο μπορούμε να δούμε τις σχέσεις τάσεως-ρεύματος στο πηνίο.

13.4-ΑΣΚΗΣΗ 14^η

α. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΠΗΝΙΟΥ ΣΕ DC ΚΑΙ AC ΡΕΥΜΑΤΑ

Σκοπός: Ο σκοπός του πειράματος αυτού είναι να δούμε πειραματικά τις σχέσεις τάσεως-ρεύματος ενός πηνίου σε συνεχή (DC) και εναλλασσόμενα (AC) ρεύματα.

Απαιτούμενα Υλικά

1. Ένα πηνίο 8 HENRYS
2. Μία πηγή DC τάσεως
3. Μία ωμική αντίσταση
4. Δύο διακόπτες S_1 και S_2 , ο S_2 δύο θέσεων
5. Ένα DC βολτόμετρο
6. Ένα DC αμπερόμετρο (0-25mA)
7. Ένα Ωμόμετρο
8. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Μετράμε και σημειώνουμε στον πίνακα 13.4.1 την ωμική αντίσταση του πηνίου.

Σχ. 13.4(1)

2. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 13.4(1)

Αντίσταση ohm	Θέση του S_2	Στοιχείο στο κύκλωμα	D-C		A-C	
			V, volt	I, ampere	V, volt	I, ampere
L	1	R		0.02		0,02
R	2	L				

Πίνακας 13.4.1

3. Γυρίζουμε το διακόπτη S_2 στην θέση 1 και μπαίνει η R στο κύκλωμα.
4. Ρυθμίζουμε την τάση της πηγής, ώστε το αμπερόμετρο να δείξει 20mA
5. Μετράμε την τάση στα άκρα της αντιστάσεως R και την σημειώνουμε στον πίνακα 13.4.1.
6. Γυρίζουμε τον διακόπτη S_2 στη θέση 2, χωρίς να μεταβάλλουμε την τάση της πηγής. Στο κύκλωμα μπαίνει το πηνίο. Η τάση στα άκρα του πηνίου θα πρέπει να είναι η ίδια με την προηγούμενη τάση στα άκρα της R.

7. Μετράμε το ρεύμα που περνάει από το πηνίο και το σημειώνουμε στον πίνακα 13.4.1
8. Αποσυνδέουμε την DC πηγή και τα DC Βατόμετρα και Αμπερόμετρα.

Σχ. 13.4(2)

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 13.4(2). Η τάση V δίδεται από μία πηγή AC που αποτελείται από ένα μεταβλητό αυτομετα-σηματιστή που τροφοδοτείται από μετασηματιστή απομόνωσης. Το A είναι 0-25mA AC όργανο. Το βολτόμετρο V_m τοποθετείται στο AC. Τα άλλα υλικά είναι τα ίδια όπως και προηγούμενα.
2. Γυρίζουμε τον διακόπτη S_2 στην θέση 1 και μπαίνει η R στο κύκλωμα.
3. Δίνουμε τάση στο κύκλωμα και την ρυθμίζουμε έτσι ώστε το A να δείξει 20mA.
4. Μετράμε την τάση V στα άκρα της R .
5. Γυρίζουμε τον S_2 στην θέση 2, χωρίς να μεταβάλουμε την τάση τροφοδοσίας. Μπαίνει το πηνίο στο κύκλωμα.
6. Μετράμε την τάση στα άκρα του πηνίου, ξαναρυθμίζοντας την τάση V της πηγής (αν είναι απαραίτητο, ώστε να έχει την ίδια τάση στα άκρα του πηνίου όπως και πριν επί της αντίστασης R).
7. Μετράμε και σημειώνουμε το ρεύμα που περνάει από το πηνίο.

β. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ X_L ΕΝΟΣ ΠΗΝΙΟΥ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f

Σκοπός: Να υπολογισθεί πειραματικά η επαγωγική αντίσταση X_L ενός πηνίου σε κύκλωμα με σταθερή συχνότητα.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Η επαγωγική αντίσταση X_L πηνίου μπορεί να βρεθεί με μετρήσεις. Στο κύκλωμα του σχήματος 13.4(3) μία πηγή ημιτονικής τάσης δημιουργεί ένα ρεύμα I . Ο νόμος του ΟΗΜ επεκτεινόμενος στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος λέει:

$$V_L = IZ$$

Σχ. 13.4(3)

Όταν η ωμική αντίσταση του πηνίου είναι μικρή, συγκρινόμενη με την X_L τότε η $Z = X_L$ και

$$V_L = I X_L \quad 13.4.1$$

$$\text{ή} \quad X_L = V_L / I \quad 13.4.2$$

Η εξίσωση 13.4.2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση του X_L ενός πηνίου σε μία συγκεκριμένη συχνότητα F .

Θα πρέπει να γίνει μία μέτρηση με AC βολτόμετρο στα άκρα του πηνίου για τον προσδιορισμό της V_L και μία μέτρηση με τη βοήθεια AC Αμπερόμετρου, για τον προσδιορισμό του I_L . Οι τιμές αυτές αντικαθίστανται στη σχέση 13.4.2 και υπολογίζεται η X_L .

Πρέπει να σημειωθεί ότι, ένα μικρό σφάλμα μπαίνει μ' αυτή τη διαδικασία, διότι το πηνίο έχει και καθαρή ωμική αντίσταση R εκτός της επαγωγικής. Εάν όμως η X_L είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της R , τότε η τελευταία μπορεί να αγνοηθεί.

Απαιτούμενα υλικά

1. Μία πηγή AC
2. Ένα πηνίο 8HENRY
3. Μια αντίσταση R
4. Δύο διακόπτες S_1 και S_2 , ο S_2 δύο θέσεων
5. Ένα Βολτόμετρο AC
6. Ένα Αμπερόμετρο AC
7. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία Εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 13.4(2)
2. Γυρίζουμε τον S_2 στη θέση 2.
3. Κλείνουμε τον S_1
4. Ρυθμίζουμε την πηγή, ώστε το ρεύμα του Αμπερόμετρου να γίνεται όσο γράφει ο πίνακας 13.4.2.

I ampere	0,025	0,020	0,015	0,010	Μέση τιμή X_L σε συχνότητα σταθερή (ohm)
V. volt					
$X_L = -V/I$ (ohm)					

Πίνακας 13.4.2

5. Μετράμε και σημειώνουμε τις τάσεις για κάθε ρεύμα του πίνακα

6. Υπολογίζουμε το V_I/V_L για κάθε περίπτωση και το σημειώνουμε σαν X_L στον πίνακα 13.4.2

Ο λόγος V_I/I_L είναι στην πραγματικότητα η σύνθετη αντίσταση Z . Στην περίπτωσή μας όμως θα αγνοήσουμε την ωμική αντίσταση του πηνίου. Το σφάλμα που κάνουμε είναι μικρό.

γ. ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ X_L ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ F

Σκοπός: Πρόκειται για την επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου όταν η συχνότητα F, της πηγής τροφοδοσίας του κυκλώματος, μεταβάλλεται.

Σύντομη θεωρητική ανάπτυξη

Η X_L δεν θα μετρηθεί απ' ευθείας, αλλά θα υπολογιστεί από τον λόγο V/I . Το ρεύμα I δεν θα μετρηθεί, και αυτό απ' ευθείας, αλλά θα υπολογιστεί από την τάση V_R επί της αντίστασης R που βρίσκεται σε σειρά με το πηνίο στο κύκλωμα. Ο υπολογισμός της X_L γνωρίζοντας την V_R , την V_L και την R γίνεται από την σχέση:

$$X_L = V_L / I = \frac{V_L}{\frac{V_R}{R}} \quad X_L = \frac{V_L}{V_R} \cdot R \quad 13.4.3$$

Απαιτούμενα υλικά

1. Μία πηγή AC
2. Μια αντίσταση R
3. Ένα πηνίο 30mH
4. Βραχυκυκλωτήρες και αγωγοί τροφοδοσίας.

Πορεία εργασίας

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 13.4(4). Η V είναι πηγή ημιτονικού σήματος, μεταβλητής συχνότητας, κατάλληλη να δώσει 20V p-p (τάση από κορυφή σε κορυφή) και συχνότητες από 10-100 kHz.
2. Ρυθμίζουμε τη γεννήτρια σήματος να δώσει με τη σειρά τις συχνότητες που φαίνονται στον πίνακα 13.4.3.

F, Hz	V. volt p-p	V _L . volt p-p	V _R . volt p-p	I, ampere (V _R /R)	X(ohm)	
					(V _L /V _R).R	2πFL
20.000						
30.000						
50.000						
70.000						
80.000						
90.000						
100.000						

Πίνακας 13.4.3

3. Ρυθμίζουμε το πλάτος του σήματος στα 15V p-p
4. Μετράμε και σημειώνουμε, στον πίνακα 13.4.3, τις τάσεις V_L και V_R για κάθε συχνότητα.
5. Υπολογίζουμε το I(V_R/R) και την X_L (από τη σχέση 13.4.3) και την σημειώνουμε στον πίνακα 13.4.3.
6. Υπολογίζουμε την τιμή της X_L από την σχέση X_L=2πFL και την σημειώνουμε.
7. Κάνουμε ένα διάγραμμα της X_L συναρτήσει της F, από τις πιο πάνω μετρήσεις, με τις τιμές της X_L στον κατακόρυφο άξονα και τις μεταβολές της F στον οριζόντιο.

Ερωτήσεις:

1. Από τις μετρήσεις του πίνακα 13.4.1 υπάρχει καμία διαφορά ανάμεσα στα AC και DC πηνία και καθарές ωμικές αντιστάσεις; Να επισημανθούν οι διαφορές και να εξηγηθούν οι λόγοι.
2. Από τις μετρήσεις του πίνακα 13.4.2 είναι το X_L ίδιο για κάθε ρεύμα; Θα έπρεπε να ήταν; Εξηγήστε κάθε απάντηση.
3. Πως μεταβάλλεται η X_L με την συχνότητα; Αναφερθείτε στον πίνακα 13.4.3 και στο διάγραμμα που κατασκευάσατε.
4. Το πείραμα επαληθεύει τη σχέση X_L=2πFL; Εξηγήστε τυχόν διαφορές αν υπάρχουν.
5. Πηνίο παρουσιάζει επαγωγική αντίσταση X_L=5.000Ω στην συχνότητα F. Ποια θα είναι η X_L του πηνίου για 2F, 5F, nF;

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ ΚΑΘΟΔΙΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΥΤΟΥ

1.-Γενικά

Ο παλμογράφος είναι ένα από τα σπουδαιότερα ηλεκτρονικά όργανα μετρήσεων. Η λειτουργία του στηρίζεται στις ιδιότητες της λυχνίας καθοδικών ακτίνων.

Με τον παλμογράφο μπορούμε να μετρήσουμε και να μελετήσουμε τις μορφές όλων των τάσεων, μεταβαλλόμενων και μη και όλων των ρευμάτων. Μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε οποιοδήποτε φαινόμενο, που μπορεί να μετατραπεί σε ανάλογη τάση ή ρεύμα.

Ο παλμογράφος σήμερα δεν χρησιμοποιείται μόνο στην ηλεκτρονική αλλά και σε πολλές άλλες επιστήμες, όπως στην Ιατρική, Βιολογία, Φυσική, Χημεία, Μαθηματικά, Γεωλογία, Μετεωρολογία, Μηχανολογία κ.α.

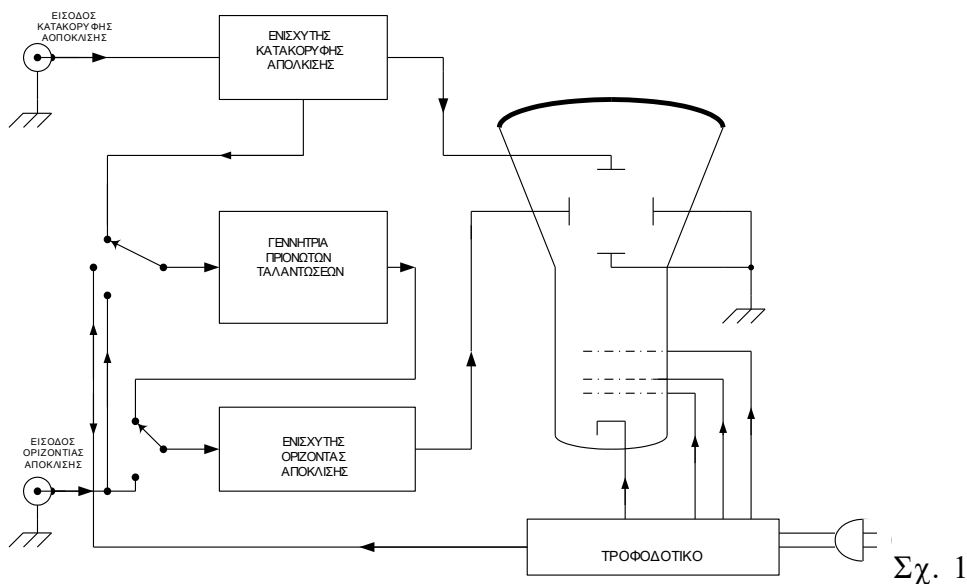
2.-Βασικά Μέρη του Παλμογράφου

Ένας παλμογράφος αποτελείται από τα παρακάτω βασικά μέρη:

- α. Από μία λυχνία καθοδικών ακτίνων.
- β. Από ένα ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης, που συνοδεύεται και από ένα υποβιβαστή τάσεως.
- γ. Από ένα ενισχυτή οριζόντιας απόκλισης, που συνοδεύεται από ένα υποβιβαστή τάσεως.
- δ. Από μία μονάδα βάσεως χρόνου.
- ε. Από ένα τροφοδοτικό (Σχ. 1).

α. Καθοδική Λυχνία

Η καθοδική λυχνία είναι μια γυάλινη λυχνία, κενή αέρος, σχήματος καμπάνας. Στο στένωμα της περιέχει μερικά ηλεκτρόδια, ενώ στην άλλη άκρη είναι κλειστή από μία γυάλινη οθόνη, η οποία έχει στο εσωτερικό της μέρος μία επίστρωση φωσφορούχου υλικού.



Η οθόνη αυτή φωτίζεται, χάριν της επίστρωσης του φωσφορούχου υλικού, όταν προσπίπτουν επάνω της ηλεκτρόνια. Το χρώμα της οθόνης είναι συνήθως πράσινο, σε μερικές επιστρώσεις μπλε. Η ένταση της φωτεινότητας εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων και από την ταχύτητα με την οποία κτυπούν αυτά την οθόνη. Τα ηλεκτρόνια προέρχονται από την κάθοδο Κ η οποία θερμαίνεται από ένα ειδικό προθερμαινόμενο νήμα.

Ένας μεταλλικός κυλινδρικός σωλήνας G_1 , που είναι τοποθετημένος ακριβώς μπροστά από την κάθοδο Κ, είναι πολωμένος με μία αρνητική τάση. Με τις μεταβολές της τάσης αυτής μπορούμε να κανονίσουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που θα περάσει από τον σωλήνα G_1 .

Σχ. 2

Αυτός ο πρώτος μεταλλικός κυλινδρικός σωλήνας G_1 ακολουθείται από άλλα δύο κυλινδρικά ηλεκτρόδια A_1 και A_2 πολωμένα θετικά, έχοντας σαν σκοπό να τραβούν ηλεκτρόνια μέσα απ' το σωλήνα G_1 και να τα δίνουν μία ορισμένη επιτάχυνση. Ο συνδυασμός των ηλεκτροδίων A_1 και A_2 ενεργεί σαν ένας ηλεκτρονικός φακός. Μεταβάλλοντας την τάση των ηλεκτροδίων αυτών, μπορεί να μετατοπισθεί η εστίαση του φακού αυτού, ώστε να πάρουμε στην οθόνη ένα μικρό φωτεινό σημείο.

Στο σχήμα 2 φαίνεται η διάταξη των ηλεκτροδίων G_1 , A_1 και A_2 της καθοδικής λυχνίας και μία αντίστοιχη οπτική διάταξη.

Μετά τα παραπάνω ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα τα πλακίδια οριζοντίου και κατακόρυφης απόκλισης, Αυτά αποτελούνται από δύο ζεύγη μεταλλικών πλακιδίων τα οποία τοποθετούνται κάθετα το ένα προς το άλλο (εντός του σωλήνα), δια μέσου των οποίων περνάει η δέσμη των ηλεκτρονίων και κατευθύνεται στην οθόνη.

Το σχήμα 3 δείχνει την διάταξη των εν λόγω πλακιδίων μέσα στην λυχνία. Εάν δεν υπάρχει καμία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα πλακίδια της οριζόντιας απόκλισης (δηλαδή ανάμεσα στο H_1 και H_2) και στα κατακόρυφα V_1, V_2 το φωτεινό σημείο θα πέσει στο κέντρο της οθόνης.

Σχ. 3

Εάν το πλακίδιο V_1 είναι θετικότερο του V_2 , τότε το φωτεινό σημείο θα αποκλίνει προς τα πάνω. Όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ V_1 και V_2 τόσο πιο πάνω στην οθόνη, θα πάει το φωτεινό σημείο. Αν αντίθετα το V_2 είναι θετικότερο του V_1 το φωτεινό σημείο θα αποκλίνει προς το κάτω μέρος της οθόνης.

Μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των οριζοντίων πλακιδίων θα αποκλίνει την δέσμη των ηλεκτρονίων δεξιά ή αριστερά.

Αν εφαρμοσθεί μία εναλλασσόμενη τάση μεταξύ των κατακόρυφων πλακιδίων η φωτεινή κηλίδα θα πάλεται κάθετα πάνω στην οθόνη. Αν οι παλμοί είναι γρήγοροι, τότε στην οθόνη θα φανεί μία γραμμή. Με ανάλογο τρόπο μπορούμε να πάρουμε μία οριζόντια γραμμή, όταν εφαρμόσουμε στα οριζόντια πλακίδια μια εναλλασσόμενη τάση αρκετά μεγάλης συχνότητας.

β. Ενισχυτής Κατακόρυφης Απόκλισης και Υποβιβαστής

Η ευαισθησία των πλακιδίων αποκλίσεως είναι συνήθως του ύψους των 20 ή 30V (Σαν ευαισθησία ορίζεται η αναγκαία τάση ανάμεσα στο ζεύγος των πλακιδίων για να αποκλίνει κατά 1cm η δέσμη των ηλεκτρονίων στην οθόνη). Συνήθως όμως η τάση που μετράμε δεν έχει αυτή τη τιμή και για τον λόγο αυτό πρέπει να ενισχυθεί πριν εφαρμοσθεί στα πλακίδια. Την δουλειά αυτή είναι επιφορτισμένος να κάνει ο ενισχυτής κατακόρυφης απόκλισης. Αν όμως η προς μέτρηση τάση είναι πολύ μεγάλη για τον ενισχυτή, αυτή πρέπει να ελαττωθεί προηγουμένα. Ο υποβιβαστής που κάνει αυτή τη δουλειά είναι ένας διαιρέτης τάσεως από αντιστάσεις ή πυκνωτές.

γ. Ενισχυτής οριζόντιας Απόκλισης και Υποβιβαστής

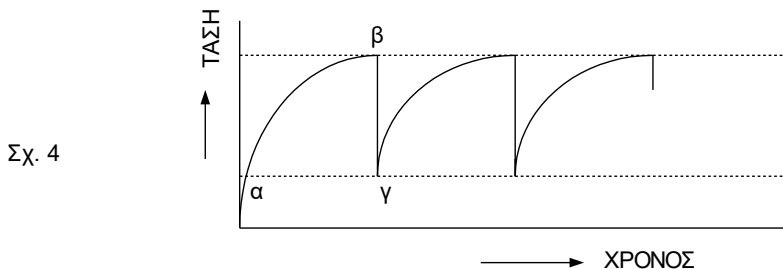
Σε πολλούς παλμογράφους το κανάλι οριζόντιας απόκλισης X, είναι ίδιο με το κανάλι κατακόρυφης απόκλισης, αλλά σε πολλές περιπτώσεις η ποιότητα του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης είναι κατά πολύ ανώτερη από εκείνη του οριζόντιου. Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές, το οριζόντιο κανάλι πιλοτάρεται από μία εσωτερική υψηλή τάση και έτσι είναι αρκετός ένας ενισχυτής λιγότερο ευαίσθητος.

Από το μπλοκ διάγραμμα 1 φαίνεται ότι το οριζόντιο κανάλι ενεργοποιείται με τον διακόπτη Δ_1 . Στην θέση 1 αυτού του διακόπτη, το σήμα εισόδου στο οριζόντιο κανάλι είναι η έξοδος της μονάδας βάσεως χρόνου. Η μονάδα βάσεως χρόνου βγάζει μια τάση που μεταβάλλεται γραμμικά στον χρόνο. Γι' αυτό με τον διακόπτη στην θέση 1 η οριζόντια απόκλιση είναι ανάλογη του χρόνου. Έτσι στην οθόνη παρουσιάζεται κάθε μεταβολή της τάσεως που εφαρμόζεται στο κάθετο κανάλι, σε σχέση με το χρόνο.

Όταν ο διακόπτης Δ_1 βρίσκεται στην θέση 2, η είσοδος στο οριζόντιο κανάλι έρχεται από την θέση εισόδου οριζόντιας απόκλισης (EXT X). Αν σ' αυτή δεν εφαρμοσθεί καμία τάση, τότε δεν θα έχουμε στον οριζόντιο άξονα καμία απόκλιση. Η θέση αυτή του διακόπτη χρησιμοποιείται και όταν θέλουμε να κάνουμε σύγκριση δύο ποσοτήτων.

δ. Μονάδα Βάσεως Χρόνου

Συχνά θέλουμε να δούμε στον παλμογράφο τις μεταβολές μιας ποσότητας συναρτήσει του χρόνου. Η τάση η οποία είναι ανάλογη του χρόνου, εφαρμόζεται δια μέσου του καναλιού κατακόρυφης απόκλισης στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης. Την ίδια στιγμή τροφοδοτούμε τα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης με μια τάση τέτοια που το φωτεινό σημείο της δέσμης των ηλεκτρονίων στην οθόνη να μετατοπίζεται από αριστερά προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα. Αφού το φωτεινό σημείο φθάσει στο δεξιό άκρο της οθόνης, πρέπει να γυρίσει αμέσως στο αριστερό άκρο αυτής και να ξαναρχίσει ένας καινούργιος κύκλος. Η τάση του πλακιδίου H_1 σε σύγκριση με το H_2 (Σχ. 3) πρέπει να μεταβάλλεται σιγά-σιγά και με τρόπο γραμμικό. Να μεταβάλλεται από μια ορισμένη αρνητική τιμή σε μία ίση θετική και μετά να γυρίσει αμέσως στην αρχική τιμή της και



ούτω καθεξής. Μία τέτοια τάση ονομάζεται **Πριονωτή Τάση** ή **Πριονωτή Ταλάντωση**. Στο παραπάνω σχήμα 4 φαίνεται μία τέτοια ταλάντωση.

Ο χρόνος που χρειάζεται ώστε η τάση να αυξηθεί από το κατώτερο σημείο έως το ανώτερο σημείο **β**, λέγεται «**Χρόνος Σάρωσης**» της οθόνης από το φωτεινό σημείο, ο χρόνος που χρειάζεται για να επανέλθει η τάση στο κατώτερο σημείο **α** λέγεται «**χρόνος επιστροφής**». Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4 ο χρόνος επιστροφής είναι μηδενικός.

Όλοι οι παλμογράφοι περιέχουν ένα κύκλωμα που παρέχει μία πριονωτή τάση και αυτό ονομάζεται «**Μονάδα Βάσεως Χρόνου**».

Το κύκλωμα αυτό πρακτικά βασίζεται στην αρχή, ότι η τάση πάνω σε ένα πυκνωτή μεταβάλλεται γραμμικά συναρτήσει του χρόνου, όταν ο πυκνωτής φορτίζεται ή εκφορτίζεται. Κατά την επιστροφή, η μονάδα βάσεως χρόνου προσδίδει στο οδηγό πλέγμα (κυλινδρικό σωλήνα G_1) ένα αρνητικό παλμό ώστε διακόπτεται η δέσμη των ηλεκτρονίων.

Ε. Τροφοδοτικό

Το τροφοδοτικό παρέχει:

1. Υψηλή τάση, για την τροφοδοσία του τμήματος παραγωγής της δέσμης των ηλεκτρονίων.
2. Τις απαραίτητες για την τροφοδοσία των διαφόρων κυκλωμάτων συνεχείς τάσεις.
3. Την τάση για την θέρμανση των νημάτων.
4. Την τάση ελέγχου.

Στο σημείο αυτό νομίζουμε ότι έχουμε κάνει μία γενική εισαγωγή στον παλμογράφο, από την οποία οι σπουδαστές μπορούν να πάρουν μία εικόνα για τα κυριότερα μέρη από τα οποία αυτός αποτελείται. Στην συνέχεια θα μιλήσουμε για την λειτουργία του Παλμογράφου TELEQUIPMENT D54 που έχουμε στα εργαστήριά μας.


3.-Παλμογράφος Telequipment D54

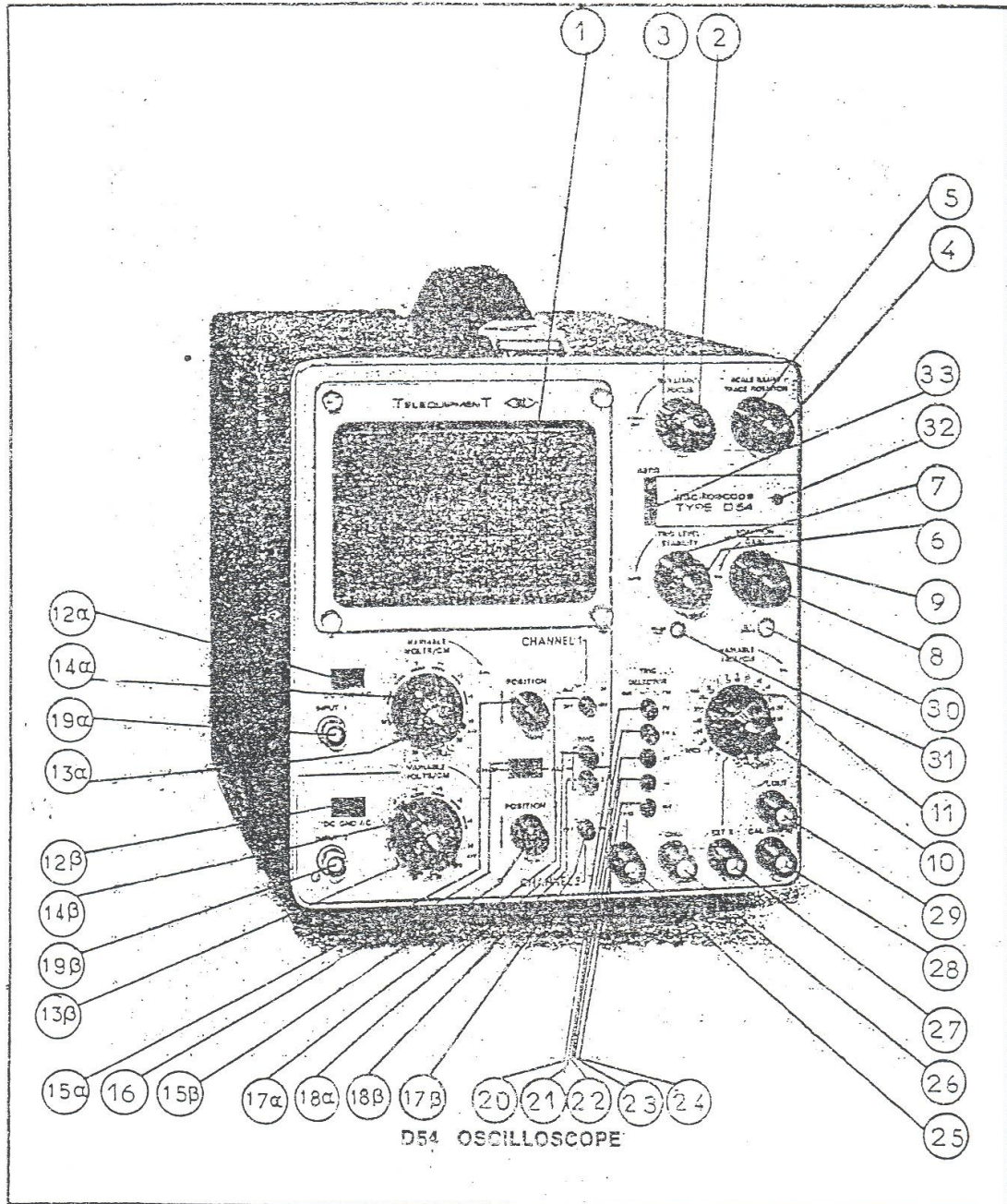
Ο παλμογράφος που έχουμε στα εργαστήριά μας είναι ο Telequipment D54. Την χρήση λοιπόν και λειτουργία του παλμογράφου αυτού θα δούμε παρακάτω. Ο τρόπος χρήσεως των άλλων ελάχιστα διαφέρει.

Πριν προχωρήσουμε στη χρήση και λειτουργία αυτού θεωρούμε σκόπιμο να περιγράψουμε σύντομα τα διάφορα ρυθμιστικά και ακροδέκτες που υπάρχουν σ' αυτό.

Ρυθμιστικά και Ακροδέκτες

Θα αναφερθούμε στα διάφορα ρυθμιστικά και ακροδέκτες της πρόσοψης του παλμογράφου, που φαίνεται στην εικόνα 1.

a/a.	Όνομασία	Περιγραφή
1	Οθόνη	Πάνω στην οθόνη εφαρμόζεται η απεικόνιση της τάσεως εισόδου συναρτήσει του χρόνου, αν χρησιμοποιήσουμε τη μονάδα βάσεως χρόνου ή το διάγραμμα του Y συναρτήσει του X, αν χρησιμοποιήσουμε εξωτερικό οριζόντιο σάρωμα. Είναι χωρισμένη σε τετραγωνάκια του 1cm. Οι κεντρικοί άξονες είναι χωρισμένοι σε 5 υποδιαίρεσεις του 1cm.
2.	Brilliance (Φωτεινότητα)M POWER ON (Διακόπτης Τροφοδοσίας)	Με αυτό ανοίγουμε τον παλμογράφο και ρυθμίζουμε την φωτεινότητα του ίχνους της απεικόνισης.
3.	FOCUS (Εστίαση)	Το ρυθμιστικό αυτό μαζί με το (33) ρυθμίζουν την εστίαση, δηλαδή την λεπτότητα της απεικόνισης.
4.	SCALE ILLUM	Με το κουμπί αυτό ρυθμίζουμε το φωτισμό της οθόνης που γίνεται με λαμπάκια που βρίσκονται εσωτερικά στο Παλμογράφο, δίπλα στην οθόνη.
5.	TRACE ROTATION (Περιστροφή Ίχνους)	Μ' αυτό κανονίζουμε τη γραμμή του ίχνους, που φαίνεται στην οθόνη όταν ανοίξουμε τον παλμογράφο, να είναι χωρίς κλίση.
6.	TRIG LEVEL (Στάθμη Σκανδαλισμού)	Χρησιμοποιείται στο σκανδαλισμό των απεικονίσεων, όπως θα δούμε παρακάτω.
7.	STABILITY (Σταθερότητα)	Και αυτό το κουμπί χρησιμοποιείται στο σκανδαλισμό.
8.	POSITION \longleftrightarrow (Θέση)	Μ' αυτό μετατοπίζουμε την απεικόνιση δεξιά-αριστερά στην οθόνη.
9.	GAIN (Απολαυή)	Ρυθμίζει την απολαυή του ενισχυτή στο οριζόντιο κανάλι.
10.	VARIABLE (Μεταβλητό)	Είναι το μικρομετρικό του (11). Βλέπε εικόνα 13.3(1).
11	TIME/cm (Χρόνος/εκατοστό)	Ο αριθμός που δείχνει το ρυθμιστικό αυτό είναι το χρονικό διάστημα για κάθε εκατοστό του οριζοντίου άξονα.
12 ^{α-β}	DC-GND-AC	Όταν ο διακόπτης αυτός είναι στο DC, το σήμα που βάζουμε στον Παλμογράφο απεικονίζεται όπως είναι. Δηλαδή με την συνεχή και εναλλασσόμενη συνιστώσα. Όταν είναι στο AC, στην οθόνη απεικονίζεται μόνο η εναλλασσόμενη συνιστώσα του σήματος. Φυσικά όταν το σήμα έχει μόνο εναλλασσόμενη συνιστώσα, στην οθόνη θα πάρουμε την ίδια απεικόνιση είτε ο διακόπτης είναι στην θέση DC είτε είναι στην AC. Όταν είναι στη θέση GND δεν πηγαίνει σήμα στην οθόνη και έτσι η γραμμή που φαίνεται, μας Δείχνει που είναι η θέση του μηδενός στον κάθετο άξονα
13 ^{α-β}	VARIABLE (Μεταβλητό)	Είναι το μικρομετρικό του 1 και 2 καναλιού.
14 ^{α-β}	VOLTS/CM (Βόλτ/εκατοστό)	Ο αριθμός που δείχνει το ρυθμιστικό αυτό είναι τα VOLTS που αντιστοιχούν σε κάθε cm του κάθετου άξονα των τάσεων. ΠΡΟΣΟΧΗ: Πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας το PROBE, για μετρήσεις τάσεως, όπως θα δούμε παρακάτω.
15 ^{α-β}	POSITION \updownarrow (Θέση)	Μετακινεί την απεικόνιση πάνω-κάτω στην οθόνη
16	CHOP-ALT	Κανονίζει με ποιο τρόπο θα απεικονισθούν τα δύο κανάλια καθέτου.
17 ^{α-β}	ON-OFF	Όταν είναι πατημένο το μπουτόν 17 ^α λειτουργεί το κανάλι CH1. Όταν είναι πατημένο το 17 ^β λειτουργεί το CH2 και όταν είναι ματημένα και τα δύο, λειτουργούν και τα δύο κανάλια.
18 ^{α-β}	TRIG (Σκανδαλισμός)	Ανάλογα με το ποιο μπουτόν είναι πατημένο, με το αντίστοιχο κανάλι γίνεται ο σκανδαλισμός.
19 ^{α-β}	INPUT (Είσοδος)	Σ' αυτούς του ακροδέκτες συνδέουμε το σήμα που θέλουμε να δούμε στον παλμογράφο.
20,21 22,23 24,25	TRIG SELECTOR (Επιλογέας Σκανδαλισμού)	Με αυτά τα μπουτόν διαλέγουμε τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει ο σκανδαλισμός.
26	EXT TRIG (Εξωτερικός Σκανδαλισμός)	Στον ακροδέκτη αυτό συνδέουμε τον εξωτερικό σκανδαλισμό.
27	EXT X	Στον ακροδέκτη αυτό συνδέουμε το εξωτερικό σήμα οριζόντιας σάρωσης.
28	CAL 500 _{p-p}	Ακροδέκτης που δίνει τετραγωνικούς παλμούς 500V _{p-p} .aaaaaaaaaaaa
29	 OUT	Ακροδέκτης που δίνει πριονωτή τάση.
30	SET SPEED	Με αυτό γίνεται η βαθμολόγηση της βάσεως χρόνου και χρησιμοποιείται ΜΟΝΟΝ από τον συντηρητή του Παλμογράφου.
31	PROBE TEST (Ελεγχος PROBE)	Αυτός ο ακροδέκτης χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του PROBE.
32	Ενδεικτικό Λαμπάκι	Ανάβει όταν ανοίξουμε τον Παλμογράφο.
33	ASTIG (Αστιγματισμός)	Αυτό μαζί με το (3) ρυθμίζουν την εστίαση της απεικόνισης.



Εικόνα 1

4.-Χρήση του παλμογράφου

4.1(a)-Λειτουργία με τη βάση χρόνου

Πως θα δούμε μια κυματομορφή:

α) Πρώτα βλέπουμε αν οι διακόπτες-μπουτόν 17^a και 17^b είναι έξω στη θέση OFF.

β) Περιστρέφουμε το ρυθμιστικό (6) τελείως αριστερά και το ρυθμιστικό STABILITY (7) τελείως δεξιά. Περιστρέφουμε το ρυθμιστικό POSITION (8) περίπου στο μέσον.

γ) Τώρα περιστρέφουμε το ρυθμιστικό POWER OFF-BRILLIANCE (2) τελείως δεξιά και βλέπουμε ότι ανάβει το λαμπάκι (32), που δείχνει ότι ο παλμογράφος λειτουργεί. Περιμένουμε μέχρι να φανεί η δέσμη στην οθόνη.

δ) Όταν φανεί η δέσμη ρυθμίζουμε το BRILLIANCE (2) (φωτεινότητα) έτσι που να φαίνεται ικανοποιητικά το ίχνος στην οθόνη. Ρυθμίζουμε πρώτα το FOCUS (3) και μετά το ASTIG (αστιγματισμός) (33) για να κάνουμε όσο το δυνατόν λεπτή τη δέσμη. Καλλίτερη λεπτότητα πετυχαίνουμε όταν έχουμε μικρή φωτεινότητα.

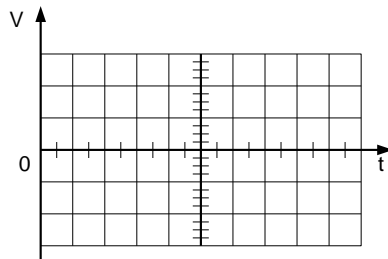
ε) Ρυθμίζουμε το TRACE ROTATION (5) έτσι που η γραμμή που φαίνεται στην οθόνη να είναι οριζόντια. Το κουμπί (4) το έχουμε αριστερά και μόνο όταν θέλουμε να φωτογραφίσουμε το κυματομορφή το γυρνάμε δεξιά, για να φωτισθεί η οθόνη.

στ) Ρυθμίζουμε και το κουμπί POSITION (8) για να φέρουμε όλο το ίχνος μέσα στην οθόνη. Περιστρέφουμε και το κουμπί GAIN (9) τελείως αριστερά στην θέση CAL. Σ' αυτή τη θέση θα είναι σχεδόν πάντοτε, εκτός ειδικών περιπτώσεων που θα αναφέρουμε παρακάτω.

ζ) Τώρα πηγαίνουμε στο αριστερό μέρος του παλμογράφου. Διαλέγουμε το κανάλι που θα χρησιμοποιήσουμε, το 1 ή το 2 (ή και τα δύο κανάλια αν θέλουμε να δούμε δύο κυματομορφές ταυτόχρονα). Και τα δύο είναι εντελώς τα ίδια. Έστω ότι θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το κανάλι 1.

η) Βάζουμε το διακόπτη 12^a στο GND και συνδέουμε το σήμα που θέλουμε να δούμε μέσω ενός PROBE, στον ακροδέκτη 10^b . Τοποθετούμε το ρυθμιστικό POSITION (15^a) περίπου στο μέσον και πιέζουμε τον διακόπτη (17^a) για να λειτουργήσει το κανάλι 1.

Σημείωση: Με τη διαδικασία που αναφέρουμε θα δούμε στον παλμογράφο το διάγραμμα της τάσης σε συνάρτηση με τον χρόνο όπως φαίνεται στο Σχ.4.1.



Σχ.4.1

Όπως είναι τώρα ο διακόπτης (12^α) στη θέση GND, μπορούμε να μεταφέρουμε τη δέσμη στο μέσον της οθόνης, εκεί που θέλουμε συνήθως να έχουμε τα 0 V, με το ρυθμιστικό (15^α).

θ) Τώρα πηγαίνουμε το διακόπτη (12^α) στη θέση DC και γυρνάμε το ρυθμιστικό (13^α) τελείως δεξιά στη θέση CAL.

ι) Περιστρέφουμε το ρυθμιστικό volt/cm (14^α) σε μια κατάλληλη θέση έτσι που η κυματομορφή να καλύπτει ένα αρκετό ύψος της οθόνης.

Αν η κυματομορφή που υπάρχει κινείται συνέχεια και δεν σταματά, κάνουμε το παρακάτω βήμα.

κ) Πατάμε το μπουτόν TRIG (18^α) ή το (18β) αν χρησιμοποιούμε το κανάλι 2.

Πατάμε το μπουτόν (24).

Το κουμπί TRIG LEVEL (6) το έχουμε αριστερά από το βήμα β και εκεί θα το αφήσουμε. Στο ίδιο βήμα είχαμε στρέψει το κουμπί STABILITY (7) δεξιά. Τώρα το (7) το γυρίζουμε σιγά-σιγά αριστερά μέχρι που να σταματήσει να κινείται η κυματομορφή. Τώρα ο παλμογράφος είναι έτοιμος για να κάνουμε μετρήσεις τάσεως και περιόδου. Από την περίοδο δε, μπορούμε να βρούμε την συχνότητα της τάσεως του σήματος.

4.2(a)-Μέτρηση τάσης

Έστω ότι συνδέσαμε ένα ημιτονικό σήμα στον παλμογράφο (στον

ακροδέκτη 19^α, για το κανάλι 1) και βλέπουμε το διάγραμμά του στην οθόνη, όπως φαίνεται στο Σχ.4.2).

Σχ.4.2

Σε κάθε καρτεσιανό διάγραμμα υπάρχουν οι υποδιαιρέσεις των αξόνων που αντιστοιχούν σε μία ποσότητα του μεγέθους. Έτσι και εδώ ο άξονας της τάσεως (κάθετος) υποδιαιρείται σε volt. Τα πόσα

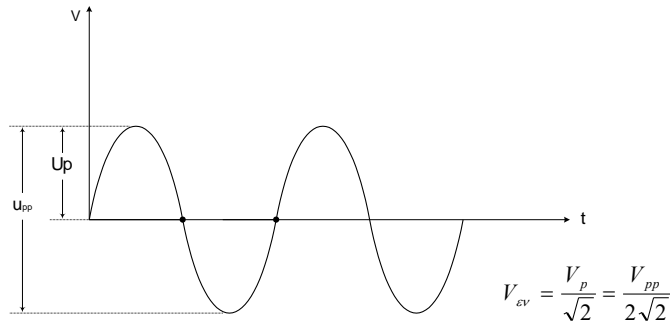
volt θα αντιστοιχούν σε κάθε υποδιαίρεση (τετραγωνάκι) της οθόνης μας το κανονίζει το κουμπί volt/cm (14^α). Αν το κουμπί αυτό είναι στη θέση 1, αυτό σημαίνει ότι κάθε υποδιαίρεση του κάθετου άξονα (τάσεων) αντιστοιχεί σε 1V. Επομένως το σημείο A βρίσκεται στα +2V και το σημείο B στα -2V. **Προσοχή**, όμως, τα +2V και τα -2V δεν είναι πραγματικά, γιατί το σήμα έχει υποδεκαπλασιασθεί από το PROBE. Δηλαδή το σημείο A (θετική κορυφή) είναι στα +2x10=+20V και το σημείο B (αρνητική κορυφή) στα -2x10=-20V. Άρα η τάση κορυφής $U_P=+2x10=20V$, η διαφορετικά η κορυφή είναι δύο τετραγωνάκια πάνω από το 0V άρα $U_P=2\text{τετρ.}x1V/\text{τετρ}x10=20V$. Το 1V/τετρ. Το βλέπουμε από το κουμπί (14^α) και το 10 είναι ο συντελεστής του PROBE.

Η τάση από κορυφή σε κορυφή U_{PP} είναι:

$$U_{PP}=4\text{τετρ.}x1V/\text{τετρ.}x10=40V$$

4τετρ.=τετραγωνάκια που απέχει η θετική από την αρνητική κορυφή.

1V/τετρ.= η θέση του κουμπιού (14^α) και 10 είναι ο συντελεστής του PROBE.



Σχήμα 4.3.

Η ενεργός τάση (V_{ev} ή V_{RMS}) είναι, από το γνωστό τύπο της ηλεκτροτεχνίας:

$$V_{ev} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14,14V$$

$$\text{ή} \quad V_{ev} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} = \frac{40}{2\sqrt{2}} = 14,14V$$

Στις ημιτονικές εναλλασσόμενες συνιστώσες ξέρουμε ότι το 0 (μηδέν) είναι το μέσον μεταξύ της θετικής και αρνητικής κορυφής. Γι' αυτό όταν θέλουμε να μετρήσουμε τις διάφορες τάσεις (V_{PP} , V_P , V_{RMS}) των σημάτων αυτών είναι καλλίτερα να μετράμε τα τετραγωνάκια από τη μια κορυφή στην άλλη και απ' αυτά να βγάζουμε αμέσως την τάση από κορυφή σε κορυφή (V_{PP}) και από την V_{PP} να υπολογίζουμε την V_P ή την V_{RMS} .

Όταν θέλουμε να μετρήσουμε μία συνεχή τάση, κάνουμε τα παρακάτω:

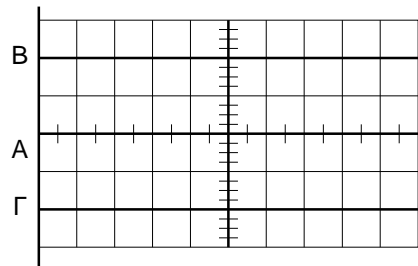
α) Τοποθετούμε το διακόπτη (12^α) ή (12β) ανάλογα, στην θέση GND και σημειώνουμε τη θέση του ίχνους στην οθόνη.

β) Τοποθετούμε τον παραπάνω διακόπτη στη θέση DC και μετράμε πόσα τετραγωνάκια μετακινήθηκε το ίχνος προς τα πάνω ή προς τα κάτω (Σχ.4.4). Έστω ότι από τη θέση A πήγε στη θέση B και ο διακόπτης (13^α ή 13β) ήταν στη θέση 0,1V/cm. Τότε η τάση είναι:

$$0,1\text{V/cm} \times 2\text{cm} \times 10 = 2\text{V}$$

Επειδή μετακινήθηκε το ίχνος προς τα πάνω η τάση είναι θετική +2V. Αν μετακινηθεί στη θέση Γ η τάση θα ήταν αρνητική (-2V).

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Υπενθυμίζουμε ότι το ρυθμιστικό (13α ή 13β, ανάλογα με το κανάλι που χρησιμοποιούμε) πρέπει να είναι στη θέση CAL, για να γίνονται σωστά οι μετρήσεις τάσεων με τον παλμογράφο.



Σχ. 4

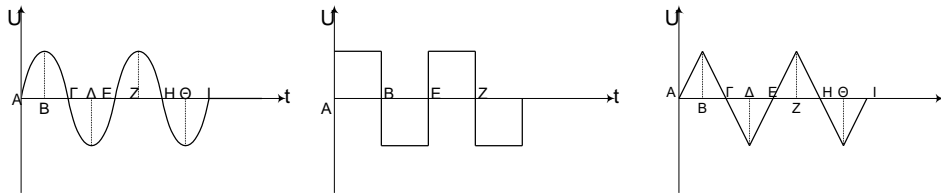
4.3(a)-Μέτρηση περιόδου και συχνότητας

Πριν κάνουμε την μέτρηση της περιόδου ενός σήματος ελέγχουμε αν τα ρυθμιστικά (10) και (9) είναι στην θέση CAL.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως ο κάθετος άξονας είναι βαθμολογημένος σε μονάδες τάσεως (Volt). Ο οριζόντιος άξονας κατά τον ίδιο τρόπο είναι βαθμολογημένος σε μονάδες χρόνου (s ή υποπολλαπλάσιά του, ms και μs). Η θέση του ρυθμιστικού (11) μας δείχνει πόσα s ή ms ή μs αντιστοιχούν σε κάθε τετραγωνάκι του οριζοντίου άξονα της οθόνης του παλμογράφου: π.χ. αν το ρυθμιστικό (11) είναι στη θέση 20ms τότε κάθε τετραγωνάκι είναι 20ms.

Γενικά ξέρουμε από τη φυσική ότι περίοδος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να συμπληρωθεί ένας κύκλος κάποιου περιοδικού φαινομένου. Στον ηλεκτρισμό ασχολούμεθα με ηλεκτρικά σήματα γι' αυτό τα περιοδικά φαινόμενα τα ονομάζουμε περιοδικά σήματα.

Τέτοια σήματα φαίνονται στο Σχ. 5.



Σχήμα 5.

Η περίοδος των σημάτων αυτών είναι ο χρόνος μεταξύ των σημείων Α,Β ή Β,Ζ ή Γ,Η ή Δ,Θ. Όλα αυτά τα χρονικά διαστήματα είναι ίσα μεταξύ τους και ίσα προς την περίοδο του σήματος.

Έστω ότι βλέπουμε στην οθόνη του παλμογράφου το σήμα που φαίνεται στο Σχ. 6. Αν ο διακόπτης (11) είναι στη θέση 10ms, κάθε τετραγωνάκι του οριζοντίου άξονα αντιστοιχεί σε χρόνο 10ms.

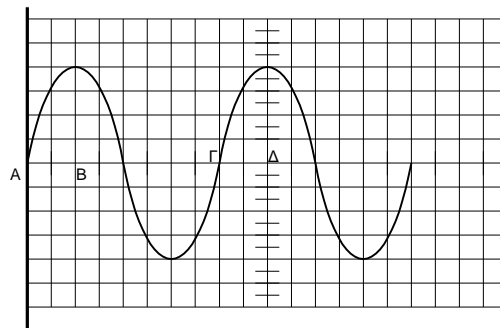
Η περίοδος του σήματος του Σχ. 6 είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ του Α και Γ ή μεταξύ του Β και Δ. Αυτά τα διαστήματα είναι 8 (οκτώ) τετραγωνάκια. Επομένως η περίοδος Τ του σήματος είναι:

$$T=8 \text{ τετρ.} \times 10 \text{ ms/τετρ.} = 80\text{ms}$$

Η συχνότητα βρίσκεται από τον τύπο:

$$F=1/T=1/80 \cdot 10^{-3}\text{Hz} = 12,5 \text{ Hz}$$

Προσοχή: Το PROBE δεν υπολογίζεται κατά τη μέτρηση της περιόδου ή της συχνότητας.



Σχήμα 6.

4.4(a)-Ακρίβεια μέτρησης τάσης και περιόδου

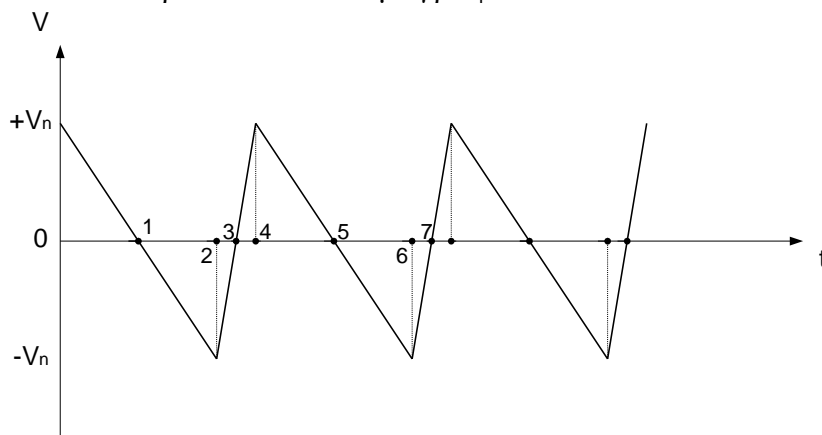
Η ακρίβεια που μπορούμε να έχουμε στην ανάγνωση των υποδιαίρεσεων της οθόνης είναι 1 μικρή υποδιαίρεση, δηλ. 0,2cm. Επομένως η ακρίβεια που έχουμε στην ανάγνωση της τάσης στον κάθετο άξονα εξαρτάται από τον συντελεστή απόκλισης τουκάθετου

σαρώματος, (ρυθμιστικά 14α,β). Δηλαδή πρέπει να χρησιμοποιούμε όσο το δυνατόν μικρότερο συντελεστή απόκλισης ή με άλλα λόγια να έχουμε όσο το δυνατόν πιο αναπτυγμένη απεικόνιση κατά τον κάθετο άξονα.

Τα ίδια συμβαίνουν και στον οριζόντιο άξονα. Και εδώ η ακρίβεια στη μέτρηση χρόνου είναι 0,2Χσυντελεστή οριζόντια απόκλισης. Επομένως και εδώ πρέπει να χρησιμοποιούμε όσο το δυνατόν μικρότερο συντελεστή απόκλισης.

4.1(b)-Λειτουργία με εξωτερικό οριζόντιο σάρωμα

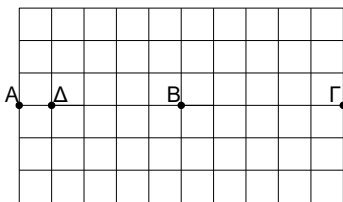
Με αυτά που αναφέραμε στα προηγούμενα ο παλμογράφος λειτουργούσε με την εσωτερική βάση χρόνου. Δηλαδή στα οριζόντια πλακίδια πήγαινε μια τάση της μορφής που φαίνεται στο Σχ.4.7, που παράγεται εσωτερικά στον παλμογράφο.



Σχ. 7

Στο χρόνο t_0 η δέσμη βρισκόταν στο αριστερό μέρος της οθόνης, στο σημείο Α (Σχ.4.8). Στο χρόνο t_1 πήγαινε στο μέσον (σημείο Β) και στο χρόνο t_2 στο σημείο Γ.

Η κίνηση αυτή γίνεται με σταθερή ταχύτητα, γιατί η τάση που εφαρμόζεται στα πλακίδια μεταβάλλεται γραμμικά σε συνάρτηση με το χρόνο.



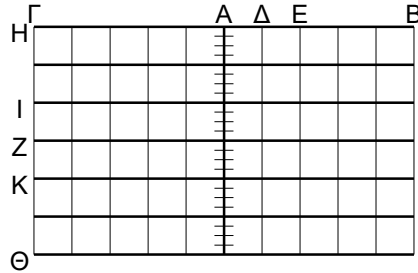
Σχ. 8

Από το χρόνο t_1 μέχρι το t_0 που είναι ένα πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα η δέσμη κινείται από το σημείο Γ προς το σημείο Δ (αντίστροφα εκείνης από t_1 έως t_2). Επειδή το t_1-t_2 είναι πολύ μικρό η δέσμη δεν φαίνεται κατ' αυτή τη κίνηση.

Παραπάνω αναφέραμε ότι από το χρόνο t_0 μέχρι την t_2 η δέσμη κινείται από το Α στο Β με σταθερή ταχύτητα. Αν το $t_1-t_0=ΑΓ=10\text{ms}$, τότε ΔΑ, δηλαδή κάθε τετραγωνάκι ισοδυναμεί με 1 ms. Από εδώ λοιπόν βλέπουμε το γιατί όταν χρησιμοποιούμε τη βάση χρόνου ο οριζόντιος άξονας της οθόνης αντιστοιχεί στο χρόνο.

Όταν γυρίσουμε το διακόπτη TIMB/cm (11) τελείως αριστερά δεν πηγαίνει τάση από τη βάση χρόνου στα πλακίδια οριζοντίου, αλλά μια τάση που συνδέουμε στον ακροδέκτη 27.

Έστω ότι για τάση 0V η κηλίδα είναι στο μέσον της οθόνης (Σχ.4.9 γραμμή Α). Έστω, ακόμα, ότι για -Vm η κηλίδα πηγαίνει στη γραμμή Β και επομένως για +Vm στη γραμμή Γ. Για -V/5 θα βρίσκεται στη Δ, για $(-Vm/5) \times 2$ στην Ε κτλ). Σ' αυτή την περίπτωση το συντελεστή οριζόντια απόκλισης τον μεταβάλλουμε με το ρυθμιστικό GAIN (9).



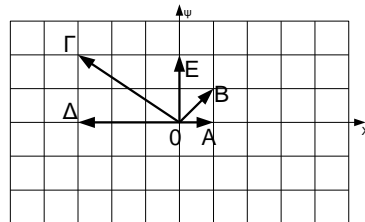
Σχ. 9.

Θα δούμε τώρα τι γίνεται όταν εφαρμοσθεί τάση στα πλακίδια καθέτου σαρώματος. Έστω ότι για τάση 0 V η κηλίδα βρίσκεται στη γραμμή Ζ και για V_n στη γραμμή Η και για $-V_1$ στη γραμμή Θ. Τότε για $+V_n/3$ η κηλίδα θα βρίσκεται στη γραμμή Ι για $-V_n/3$ στη Κ κτλ.

Όταν εφαρμόζουμε τάση ταυτόχρονα στα πλακίδια καθέτου και οριζοντίου σαρώματος, τότε η κηλίδα κάνει τη συνισταμένη κίνηση των κινήσεων που θα έκανε αν οι τάσεις δεν εφαρμοζόντουσαν ταυτόχρονα.

Παράδειγμα:

Έστω ότι στο οριζόντιο σάρωμα πρέπει να εισάγουμε μία τάση -10V για να κινηθεί η δέσμη στη τελευταία δεξιά γραμμή. Τοποθετούμε το διακόπτη (14^α ή β) του κάθετου σαρώματος στο 0,5. Εισάγουμε μια τάση +5V, δια μέσου ενός PROBE με συντελεστή «10», στον ακροδέκτη του κάθετου σαρώματος (19 α ή β) και μια τάση -2V στο ακροδέκτη EXT X (27). Λόγω της τάσης -2V που εισάγουμε στο οριζόντιο σάρωμα η κηλίδα θα κάνει τη κίνηση ΟΑ (Σχ.10). Λόγω της τάσης +5V που εισάγουμε μέσω του PROBE στο κάθετο σάρωμα, η κηλίδα θα κάνει τη κίνηση ΑΒ. Οπότε τελικά για -2V στο οριζόντιο και για +5V στο κάθετο σάρωμα η δέσμη πήγε από το 0 στο Β.

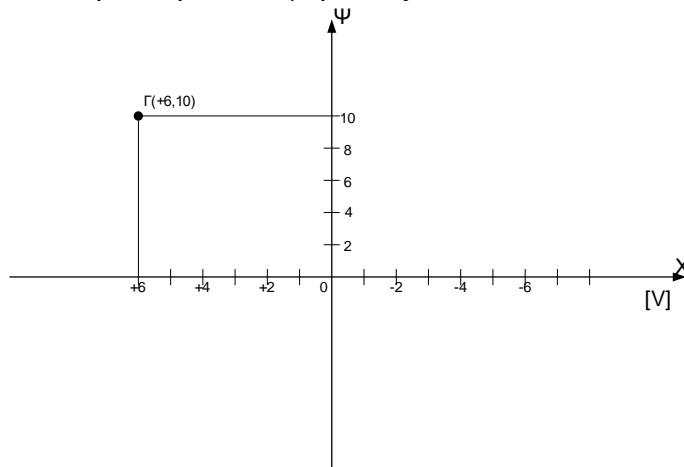


Σχ. 10

Παρατηρούμε ότι η οθόνη έγινε ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων των τάσεων οριζοντίου και κάθετου σαρώματος. Στον άξονα X αντιστοιχεί το σήμα που βάζουμε στο οριζόντιο σάρωμα και στον άξονα Y το σήμα του κάθετου σαρώματος.

Παράδειγμα:

Έστω ότι η βαθμονόμηση των αξόνων X και Y είναι όπως στο προηγούμενο παράδειγμα. Δηλαδή 5V/cm στον άξονα Y και 2V/cm στον οριζόντιο άξονα (X). Ακόμα έστω ότι η κηλίδα βρίσκεται στο σημείο Γ (Σχ.4.10). Ζητούμε να βρούμε τις τάσεις που εφαρμόζονται στο κάθετο και οριζόντιο άξονα (Y και X). Η κίνηση ΟΓ αναλύεται σε δύο κινήσεις. Στην κίνηση ΟΔ πάνω στο X' και στη κίνηση ΟΕ πάνω στον Y. Η ΟΔ είναι 3 cm αριστερά, δηλαδή τάση $X=3\text{cm}\cdot 2X=6\text{V}$. Η ΟΕ είναι 2 cm πάνω, δηλαδή τάση $Y=2\text{cm}\cdot 5=10\text{V}$. Επομένως αν θέλουμε να σημειώσουμε το σημείο αυτό πάνω σ' ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων σε χαρτί έχουμε το Σχ. 4.11, όπως ακριβώς και στην οθόνη του παλμογράφου, με τη διαφορά ότι στον άξονα X οι θετικές τιμές βρίσκονται αριστερά του μηδενός.



Σχ. 11

Πρέπει να προσέχουμε στη μέτρηση της τάσης του κάθετου άξονα να παίρνουμε υπ' όψη μας το συντελεστή του PROBE.

4.2(b)-Βαθμονόμηση των αξόνων κάθετου και οριζόντιου σαρώματος

Η βαθμονόμηση του άξονα Y γίνεται ακριβώς όπως αναφέραμε στη παράγραφο **Μέτρηση τάσης**. Πολλαπλασιάζουμε, δηλαδή, την ένδειξη του διακόπτη volts/cm επί τον συντελεστή του PROBE. Το γινόμενο αυτό είναι τα volt που αντιστοιχούν σε κάθε τετραγωνάκι. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να πάρουμε τους συντελεστές που αναφέρονται στις θέσεις του διακόπτη volt/cm και με τη προϋπόθεση ότι το ρυθμιστικό (13 α ή β) βρίσκεται στη θέση CAL.

Αν όμως χρειαζόμαστε κάποιο ενδιάμεσο συντελεστή κάθετης απόκλισης, ακολουθούμε τη παρακάτω διαδικασία.

Έστω K ο επιθυμητός συντελεστής, T η τιμή μιας γνωστής απεικόνιση και A ο αριθμός των υποδιαιρέσεων που καλύπτει η απεικόνιση. Τότε έχουμε: $T=A \cdot K$ και από εδώ $A=T/K$. Άρα θα ρυθμίσουμε το ρυθμιστικό (13 α ή β) έτσι ώστε να καλύψει η απεικόνιση A αριθμό υποδιαιρέσεων.

Τώρα θα δούμε τι γίνεται με τη βαθμονόμηση του οριζοντίου σαρώματος.

Έστω ότι θέλουμε να βαθμονομήσουμε τον οριζόντιο άξονα στα $0,5V/cm$. Θα χρειαστούμε μια πηγή γνωστής και αν είναι δυνατόν μεταβλητής τάσης DC. Χωρίς να εισάγουμε οποιοδήποτε σήμα στο οριζόντιο σάρωμα μεταφέρουμε το ίχνος στη τελευταία αριστερή γραμμή. Συνδέουμε τη πηγή DC στην είσοδο της οριζόντιας απόκλισης. Έστω ότι η τάση DC είναι $-4,4V$. Για να έχουμε επομένως συντελεστή οριζόντιας απόκλισης $0,5 V/cm$. Η δέσμη θα πρέπει να μετατοπισθεί δεξιά κατά ορισμένα τετραγωνάκια. Αυτά τα βρίσκουμε με την απλή μέθοδο:

$$\begin{array}{ll} \text{Στα } 0,5V & 1cm \\ \text{στα } 4,4V & X; \end{array}$$

$$X=(1 \cdot 4,4)/0,5=8,8cm$$

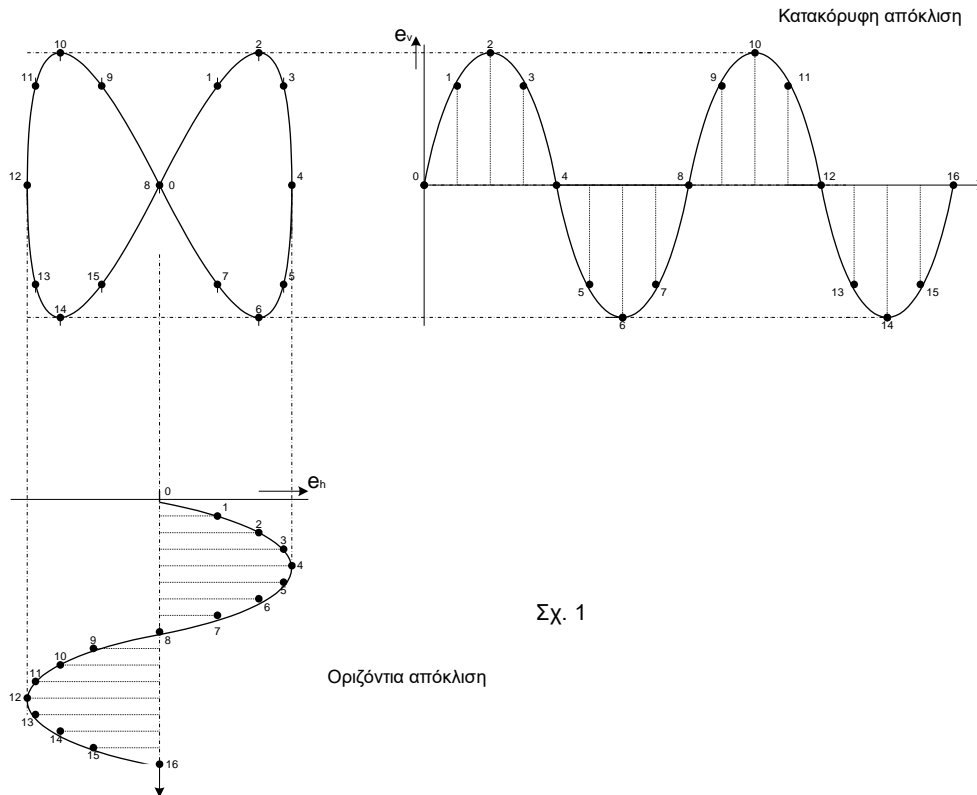
Άρα η δέσμη πρέπει να μετατοπισθεί κατά $8,8cm$, όταν θα έχουμε συντελεστή απόκλισης $0,5 V/cm$. Επομένως θα πρέπει να ρυθμίσουμε το ρυθμιστικό GAIN(9) έτσι, ώστε η δέσμη να μετατοπισθεί κατά $8,8cm$ όταν θα εισάγουμε τα $4,4V$ στην είσοδο του οριζοντίου σαρώματος.

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι το ρυθμιστικό GAIN το χρησιμοποιούμε, όταν βάζουμε εξωτερικό σήμα στην οριζόντια απόκλιση, ενώ όταν χρησιμοποιούμε τη βάση χρόνου το τοποθετούμε στη θέση CAL.

ΑΣΚΗΣΗ 7^η Μέτρηση διαφοράς φάσης τάσεων Μέτρηση συχνότητας

1.- Σχήματα Lissajous.

Τα σχήματα Lissajous εμφανίζονται στην οθόνη του παλμογράφου όταν εφαρμόζονται συγχρόνως ημιτονικές τάσεις στην οριζόντια και στην κατακόρυφη απόκλιση. Ο τρόπος σύνθεσης του σχήματος Lissajous φαίνεται στο σχήμα 7.1



Σχ. 1

Το ημιτονικό σήμα e_v αντιπροσωπεύει την τάση που εφαρμόζεται στην κατακόρυφη απόκλιση και το e_h την τάση που εφαρμόζεται στην οριζόντια απόκλιση του παλμογράφου. Η συχνότητα της κατακόρυφης είναι διπλάσια της συχνότητας της οριζόντιας. Έτσι η κηλίδα του παλμογράφου διαγράφει δύο πλήρεις κύκλους στην κατακόρυφη διεύθυνση σε αντίθεση με μία που διαγράφει στην οριζόντια διεύθυνση. Στο σχήμα 1 τα νούμερα 1 έως 16 και στις δύο κυματομορφές σημειώνουν βήμα-βήμα τη μεταβολή τους στον άξονα του χρόνου t . Το αποτέλεσμα είναι ένα σχήμα που λέγεται Lissajous.

Δύο ημιτονικές κυματομορφές της ίδιας συχνότητας δίνουν ένα σχήμα Lissajous που μπορεί να είναι μία ευθεία γραμμή, μία έλλειψη ή ένας κύκλος. Όλες οι περιπτώσεις εξαρτώνται από το πλάτος και τη φάση των δύο κυματομορφών κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης. Κύκλος εμφανίζεται όταν τα πλάτη των δύο σημάτων είναι ίσα και η διαφορά φάσης ίση με 90° . Στο σχήμα 7.2 φαίνεται η σχέση της διαφοράς φάσης όταν η συχνότητα είναι ίδια. Στο σχήμα 7.3 φαίνεται ο σχηματισμός του

Lissajous με είσοδο στην κατακόρυφη απόκλιση, διπλάσια της οριζόντιας.

Μπορεί να γίνει σύγκριση των συχνοτήτων δύο κυματομορφών. Με ίσα πλάτη και μια πολύ μικρή διαφορά στη συχνότητα, παίρνουμε ένα σχήμα που μεταβάλλεται από ευθεία σε έλλειψη, σε κύκλο και πάλι σε έλλειψη, ευθεία κλπ.

Σχ. 7.2

Σχ. 7.3

Κατακόρυφη απόκλιση

$$e_v = E \sin(\omega t + \theta)$$

Οριζόντια απόκλιση

$$e_H = E \sin \omega t$$

Κατακόρυφη απόκλιση

$$\text{Συχνότητα} = 2F$$

Οριζόντια απόκλιση

$$\text{Συχνότητα} = F$$

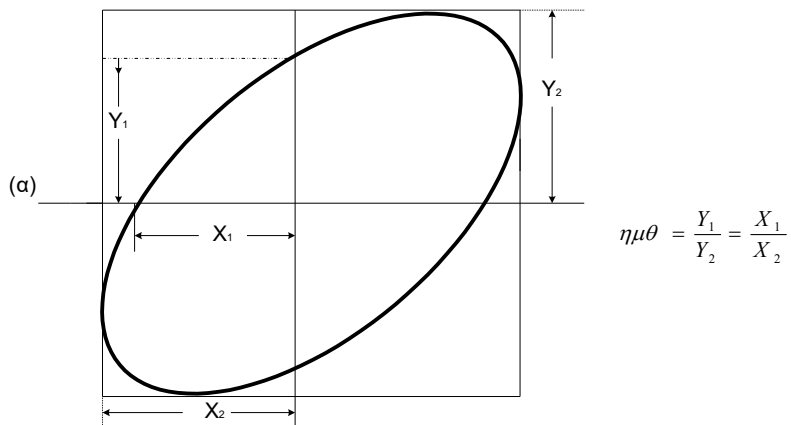
Τότε ο λόγος των συχνοτήτων είναι 1:1 με μία ελάχιστη διαφορά που παρουσιάζεται σαν αλλαγή διαφοράς φάσης μεταξύ τους.
Άλλα σχήματα που μπορούμε να πάρουμε είναι αυτά του σχήματος 7.4.

Σχ. 7.4

Στο α) παρουσιάζεται ο λόγος: $\frac{F_H}{F_V} = \frac{2}{3}$

Στο β) παρουσιάζεται ο λόγος: $\frac{F_H}{F_V} = \frac{3}{5}$

Για σταθερή και ίδια συχνότητα δύο πηγών μπορούμε να μετρήσουμε τη διαφορά φάσης μεταξύ τους Σχ. 5.



Σχ. 5

Εργασία έβδομη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η σύγκριση δύο πηγών AC, αρχικά διαφορετικής συχνότητας και μετά σταθερής συχνότητας αλλά για διαφορετικές τιμές διαφοράς φάσης.

1.- Μία γεννήτρια ακουστικής συχνότητας οδηγεί την κατακόρυφη απόκλιση του παλμογράφου. Μία δεύτερη γεννήτρια οδηγεί την οριζόντια απόκλιση.

Σχηματίστε στην οθόνη σχήματα Lissajous διαφόρων λόγων. Προσοχή στην τήρηση του σωστού λόγου:

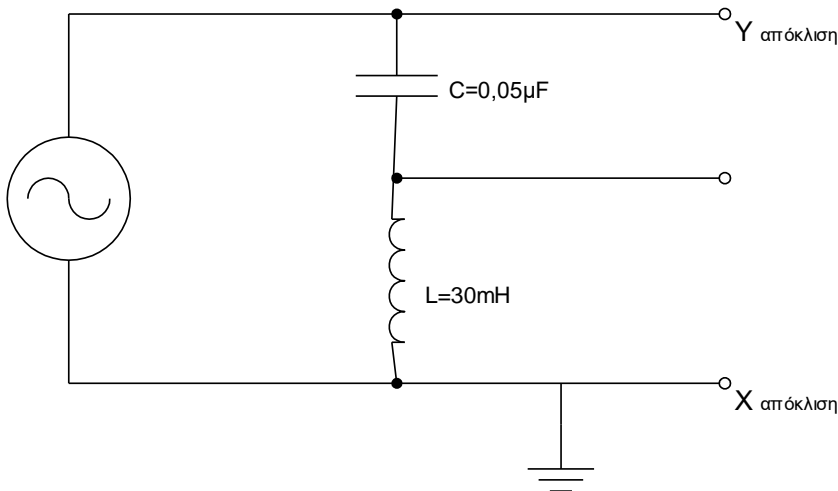
$$\frac{F_V}{F_H} = \frac{N_H}{N_V}$$

Όπου F_V : συχνότητα στην κατακόρυφη απόκλιση.

F_H : συχνότητα στην οριζόντια απόκλιση.

N_H : αριθμός κορυφών στην οθόνη οριζόντια.

N_V : αριθμός κορυφών στην οθόνη κατακόρυφα.



Σχ. 7.6

2.- Συνδεσμολογείστε το κύκλωμα του Σχ. 7.6 και με σταθερό πλάτος, μεταβάλλετε τη συχνότητα από 1kHz έως 5kHz.

Τι παρατηρείτε στη διαφορά φάσης;