

**ΑΝΩΤΑΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΑΣΚΗΣΗ 1^Η : ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ -ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ — ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ – ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ – ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ

ΑΣΚΗΣΗ 2^Η : ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΑΜΠΕΡΟΤΣΙΜΠΙΔΑ

ΑΣΚΗΣΗ 3^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ Ε.Ρ. - ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΑ

ΑΣΚΗΣΗ 4^Η : ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ε.Ρ.

ΑΣΚΗΣΗ 5^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

ΑΣΚΗΣΗ 6^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ –ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΑΣΚΗΣΗ 7^Η : ΓΕΦΥΡΑ ΕΡΣΤΕΙΝ

ΑΣΚΗΣΗ 8^Η : ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ 9^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ε.Ρ.

ΑΣΚΗΣΗ 10^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ε.Ρ.

ΑΣΚΗΣΗ 11^Η : ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

ΑΣΚΗΣΗ 12^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ – ΣΥΧΝΟΜΕΤΡΑ

ΑΣΚΗΣΗ 13^Η : ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σημειώσεις αυτές απευθύνονται στους σπουδαστές του **Β' εξαμήνου** του τμήματος Ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Πάτρας και περιέχουν 15 εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος Ηλεκτρικές Μετρήσεις.

Οι εργαστηριακές ασκήσεις πραγματοποιούνται στο εργαστήριο *''Ηλεκτρικών Μετρήσεων και Ηλεκτροτεχνίας''*, **μια φορά την εβδομάδα** και η διάρκεια κάθε εργαστηριακής άσκησης είναι **2 ώρες**.

Σκοπός του Εργαστηρίου Ηλεκτρικών Μετρήσεων είναι :

- να αποκτήσουν οι σπουδαστές, τις απαιτούμενες πρακτικές δεξιότητες, για την πραγματοποίηση των κατάλληλων απλών και σύνθετων μετρητικών διατάξεων, καθώς και των ηλεκτρικών συνδεσμολογιών, για την μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών σε οποιοδήποτε κύκλωμα
- να εξοικειωθούν οι σπουδαστές στην χρήση μετρητικών διατάξεων και ενός πλήθους οργάνων μέτρησης παλιάς και νέας τεχνολογίας
- να επιλέγουν τα κατάλληλα όργανα και την κατάλληλη διάταξη για την μέτρηση ενός συγκεκριμένου ηλεκτρικού μεγέθους σε ένα καθορισμένο κύκλωμα
- να λαμβάνουν και να επεξεργάζονται κατάλληλα τις μετρήσεις από τα διάφορα όργανα και τις μετρητικές διατάξεις καθώς και να εξάγουν τα κατάλληλα συμπεράσματα
- να υπολογίζουν την ακρίβεια κάθε μέτρησης, είτε μέσω του χρησιμοποιούμενου οργάνου μέτρησης είτε μέσω της χρησιμοποιούμενης μετρητικής διάταξης και να προσδιορίζουν με ακρίβεια τα σφάλματα που υπεισέρχονται από κάθε όργανο μέτρησης και από κάθε μετρητική διάταξη
- να διαχειρίζονται με συνέπεια, αυστηρότητα και επαγγελματισμό πρακτικά συναφή προβλήματα

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

- Η έναρξη των εργαστηριακών ασκήσεων γίνεται **ακριβώς** μετά 15 λεπτά κάθε προγραμματισμένης ώρας (π.χ. 08:15) και **διαρκεί αυστηρά 1 ώρα και 45 λεπτά** (π.χ. έως τις 10:00).
- Κάθε σπουδαστής, **οφείλει** να βρίσκεται στον χώρο του εργαστηρίου τουλάχιστον **5 λεπτά** πριν την έναρξη της εργαστηριακής άσκησης, ενώ **δεν θα επιτρέπεται** για κανένα λόγο, η προσέλευση σπουδαστών μετά την έναρξη της εργαστηριακής άσκησης, ή η αποχώρηση τους πριν την λήξη της εργαστηριακής άσκησης, μετά από 1 ώρα και 45 λεπτά.
- Οι σπουδαστές **για να γίνουν δεκτοί στο εργαστήριο**, πρέπει υποχρεωτικά να έχουν μαζί τους το **φυλλάδιο των εργαστηριακών σημειώσεων** και τετράδιο ή κόλλες που θα κρατούν τις σημειώσεις τους και τις μετρήσεις που θα πάρουν.
- Οι σπουδαστές πραγματοποιούν τις εργαστηριακές ασκήσεις χωρισμένοι σε **8 ομάδες** των 2 – 3 ατόμων (ανάλογα με την δυναμικότητα κάθε τμήματος). Κάθε ομάδα εργάζεται σε έναν από τους 8 πάγκους εργασίας που διαθέτει το εργαστήριο. **Συνιστάται** κάθε ομάδα να αποτελείται από τα **ίδια άτομα** και να εργάζεται στον **ίδιο πάγκο**, σε όλες τις εργαστηριακές ασκήσεις.
- Στην πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης στον πάγκο εργασίας, **συμμετέχουν ενεργά** και για ίδιο χρονικό διάστημα, όλα τα άτομα μιας ομάδας. Επίσης κατά την διάρκεια της άσκησης, **θα εξετάζεται συνέχεια** ο βαθμός κατανόησης της, για κάθε σπουδαστή ξεχωριστά. Η μη ενεργός συμμετοχή κάποιου σπουδαστή, στην διαδικασία της άσκησης και των μετρήσεων, αυτόματα σημαίνει την **απουσία του** από την άσκηση άσχετα με την φυσική του παρουσία.
- **Κατά τη διάρκεια εργασίας στον πάγκο πρέπει να τηρούνται αυστηρά** διάφοροι κανόνες που αναφέρονται στην επόμενη παράγραφο.
- Για να θεωρείται **επιτυχής** η παρακολούθηση του εργαστηρίου και να αποκτήσει κάθε σπουδαστής **δικαίωμα συμμετοχής στην τελική εξέταση αξιολόγησης**, θα πρέπει να έχει παρακολουθήσει **επιτυχώς τουλάχιστον 10 εργαστηριακές ασκήσεις**.
- Η **επιτυχής παρακολούθηση** μιας εργαστηριακής άσκησης, **δεν καθορίζεται μόνο από την φυσική παρουσία του σπουδαστή στο εργαστήριο** και της πραγματοποίησης της άσκησης, αλλά και από την **παράδοση εντός μιας εβδομάδας** της τεχνικής έκθεσης (εργασίας) της άσκησης, η οποία **πρέπει να βαθμολογηθεί τουλάχιστον με 5 (πέντε)**.
- Η **τεχνική έκθεση (εργασία)** που παραδίδεται σε κάθε εργαστηριακή άσκηση είναι **αυστηρά ατομική** για κάθε σπουδαστή. Η τεχνική έκθεση παραδίδεται σε κόλλες αναφοράς ή σε λευκές κόλλες Α4. Σε αυτήν περιγράφεται από κάθε σπουδαστή, ο σκοπός της άσκησης, η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε, οι μετρήσεις που έγιναν, η επεξεργασία των μετρήσεων και η σύνδεση των μετρήσεων με το θεωρητικό μέρος. Η **διαδικασία της επεξεργασίας των μετρήσεων** δίνεται μέσα από τις σημειώσεις για κάθε άσκηση ξεχωριστά, ενώ κάθε σπουδαστής **πρέπει να απαντήσει σε όλα τα ερωτήματα** που συνοδεύουν κάθε άσκηση. Η **τεχνική έκθεση (εργασία)** έχει **βαρύνουσα σημασία**, αφού μέσα από αυτή, ο σπουδαστής εμπεδώνει τις γνώσεις που απέκτησε στο εργαστήριο, με την επεξεργασία των μετρήσεων, ενώ διαπιστώνεται η επιτυχής πραγματοποίηση της εργαστηριακής άσκησης και η επίτευξη των στόχων που αυτή θέτει.
- Κάθε άτομο έχει τον δικό του τρόπο σκέψης και κυρίως τον δικό του τρόπο έκφρασης. Συνεπώς **όμοιες εργασίες** θεωρούνται προϊόν αντιγραφής και παράβασης του όρου της ατομικής εργασίας και **θα μηδενίζονται** και οι δύο.

- Αν κάποιος σπουδαστής **δεν παραδώσει την τεχνική έκθεση** (εργασία) μιας άσκησης που έχει πραγματοποιήσει **εντός του καθορισμένου χρονικού διαστήματος**, η συγκεκριμένη άσκηση θεωρείται **ανεπιτυχής** (μη πραγματοποιήσιμη).
- Αν η τεχνική έκθεση (εργασία) βαθμολογηθεί με βαθμό κάτω από την βάση (μικρότερο από 5) , τότε σε συνεννόηση με τους διδάσκοντες, **μπορεί να δοθεί η δυνατότητα διόρθωσης της**, εντός χρονικού διαστήματος **έως μιας εβδομάδας**. Σε περίπτωση που μετά την εκ νέου διόρθωση της η τεχνική έκθεση (εργασία) θεωρηθεί επιτυχής λαμβάνει αποκλειστικά τον βαθμό 5.
- Κατά την διάρκεια του εξαμήνου, θα πραγματοποιηθούν **υποχρεωτικά**, στην διάρκεια των εργαστηριακών ασκήσεων, **4 τεστ αξιολόγησης** διάρκειας 15-20 λεπτών, τα οποία μπορεί να είναι είτε γραπτή εξέταση, είτε πρακτική εξέταση στους πάγκους εργασίας. Η συμμετοχή των σπουδαστών στα τεστ αξιολόγησης **είναι υποχρεωτική** και η απουσία τους θα βαθμολογείται με **μηδέν**. Εφόσον οι διδάσκοντες κρίνουν ότι η απουσία κάποιου σπουδαστή ήταν απολύτως δικαιολογημένη, τότε αυτός **θα πραγματοποιήσει το τεστ υποχρεωτικά** κάποια άλλη χρονική στιγμή. Ο σκοπός των τεστ αξιολόγησης είναι ο έλεγχος, τόσο από τους διδάσκοντες όσο και από τους ίδιους τους σπουδαστές, του βαθμού κατανόησης των εργαστηριακών ασκήσεων και της επίτευξης των στόχων που έχουν, ώστε να γίνουν έγκαιρα οι κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες και από τις δυο πλευρές, για την επιτυχή παρακολούθηση του εργαστηρίου.
- Την **τελευταία εβδομάδα του εξαμήνου**, πραγματοποιείται η **τελική εξέταση του εργαστηρίου**, η οποία έχει βαρύνουσα σημασία, αφού μέσα από αυτή διαπιστώνεται ο βαθμός κατάκτησης από κάθε σπουδαστή των στόχων των εργαστηριακών ασκήσεων και της γνώσης που προκύπτουν από αυτούς. **Δικαίωμα συμμετοχής στην τελική εξέταση**, έχουν μόνο όσοι έχουν **παρακολουθήσει επιτυχώς τουλάχιστον 10 εργαστηριακές ασκήσεις**.
- Για να κριθεί **τελικώς επιτυχής** η παρακολούθηση του εργαστηρίου, πρέπει ο σπουδαστής στην **τελική εξέταση να βαθμολογηθεί τουλάχιστον με 5 (πέντε)**. Ο **τελικός βαθμός** του εργαστηρίου υπολογίζεται με βάση:
 1. τον βαθμό της τελικής εξέτασης
 2. τον μέσο όρο βαθμολογίας των τεχνικών εκθέσεων (εργασιών)
 3. τον μέσο όρο βαθμολογίας των τεστ αξιολόγησης
 4. την παρακολούθηση όλων των πραγματοποιηθέντων εργαστηριακών ασκήσεων.
- **Γίνεται σαφές ότι όλα τα παραπάνω ισχύουν για όλους τους σπουδαστές, άσχετα αν έχουν παρακολουθήσει ξανά το εργαστήριο σε προηγούμενο εξάμηνο.**

ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΠΑΓΚΟΥΣ

Επειδή οι ασκήσεις στους πάγκους εργασίας πραγματοποιούνται με τάσεις 230V AC και 400 V AC, πρέπει κάθε ομάδα εργασίας να τηρεί αυστηρά τους παρακάτω κανόνες εργασίας.

Η μη τήρηση των παρακάτω κανόνων εργασίας από κάποια ομάδα, σημαίνει αυτόματα την αποβολή της από το χώρο του εργαστηρίου :

- Πριν την έναρξη οποιαδήποτε εργασίας στον πάγκο, βεβαιωνόμαστε ότι ο γενικός διακόπτης τροφοδοσίας του πάγκου είναι ανοικτός (δεν τροφοδοτεί με τάση τον πάγκο) και οι ενδεικτικές λυχνίες είναι σβηστές.
- Πραγματοποιούμε το κύκλωμα και τις συνδέσεις των οργάνων όπως καθορίζεται στην πειραματική διαδικασία και αφού πρώτα έχουμε σχεδιάσει σε χαρτί το κύκλωμα.
- Αφού κάνουμε έλεγχο του κυκλώματος που πραγματοποιήσαμε στον πάγκο με αυτό που έχουμε σχεδιάσει στο χαρτί, φωνάζουμε κάποιον από τους διδάσκοντες για έλεγχο του κυκλώματος. **Σε καμία περίπτωση δεν τροφοδοτούμαι το κύκλωμα με τάση.**
- **Ο χειρισμός του γενικού διακόπτη και η τροφοδοσία του κυκλώματος με τάση γίνεται αποκλειστικά από τον διδάσκοντα.**
- Οποιαδήποτε αλλαγή πραγματοποιήσουμε στο κύκλωμα , ή οποιαδήποτε αλλαγή κάνουμε σε κλίμακα οποιαδήποτε οργάνου, δουλεύουμε πάντα χωρίς τάση και με απενεργοποιημένο τον γενικό διακόπτη.
- Ελέγχουμε κάθε φορά ότι χρησιμοποιούμε το σωστό όργανο μέτρησης για το μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε. Πάντα συνδέουμε και ρυθμίζουμε κάθε όργανο μέτρησης στην μέγιστη τιμή της κλίμακας του. Η αλλαγή της κλίμακας μέτρησης γίνεται αφού βεβαιωθούμε ότι η μικρότερη κλίμακα καλύπτει την μέτρηση μας, όπως προέκυψε αρχικά, και φυσικά γίνεται πάντα χωρίς τάση (με τον γενικό διακόπτη απενεργοποιημένο)
- **Η μη τήρηση των παραπάνω, θέτει σε κίνδυνο την σωματική ακεραιότητα, τόσο την δική σας όσο και των συναδέλφων σας, ενώ μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή μονάδων του εργαστηριακού εξοπλισμού.**

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΓΚΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι περισσότερες εργαστηριακές ασκήσεις γίνονται στους **8 βασικούς πάγκους εργασίας** του εργαστηρίου οι οποίοι είναι ίδιοι και φαίνονται σχηματικά στην επόμενη σελίδα.

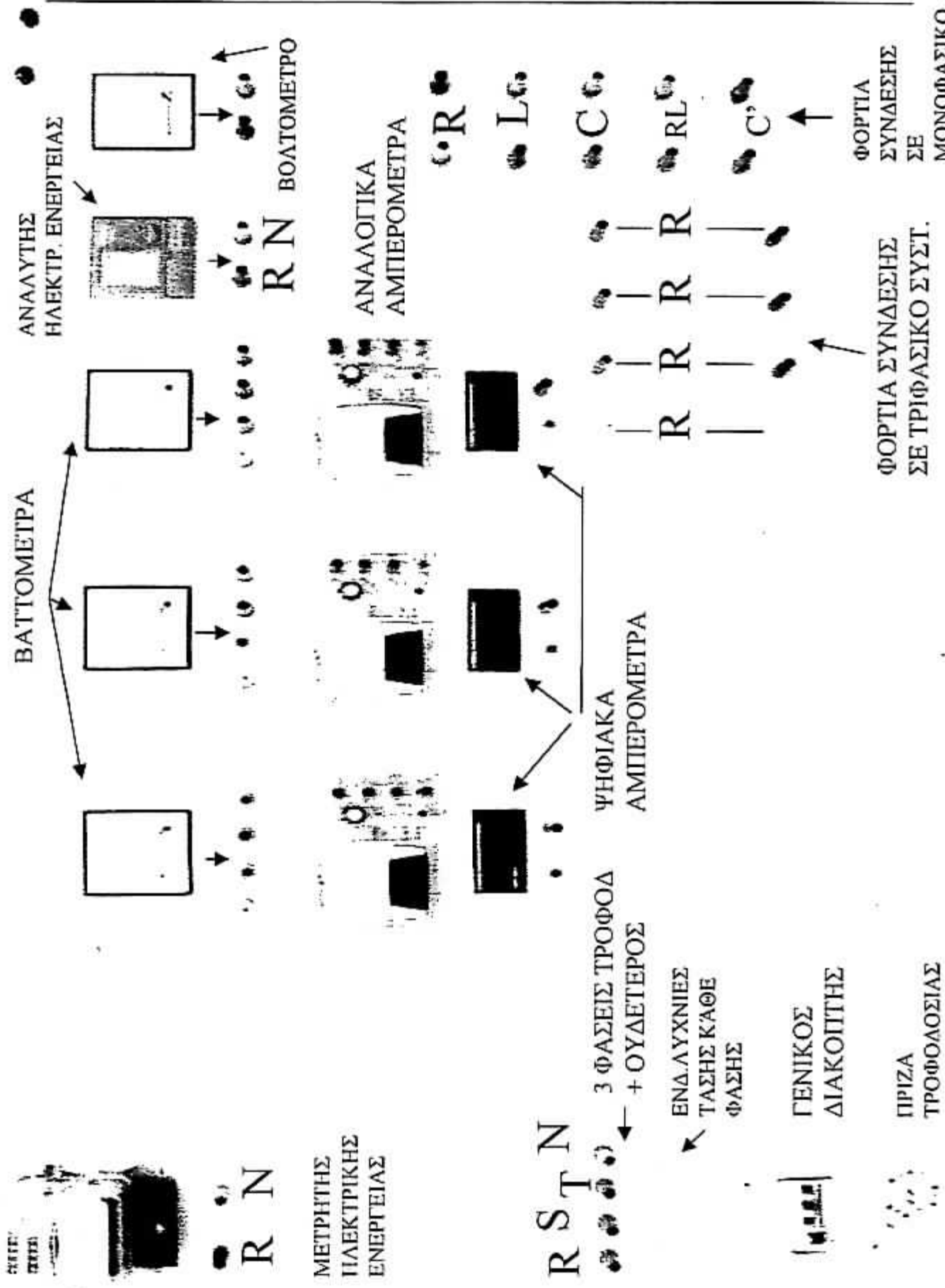
Κάθε πάγκος εργασίας αποτελείται από ένα **πλήθος φορτίων** με την βοήθεια των οποίων εξομοιώνουμε διάφορα φορτία και κυκλώματα που έχουμε σε πραγματικές καταστάσεις .

Συγκεκριμένα υπάρχουν στο πάγκο **5 φορτία (ωμικό – επαγωγικό – χωρητικό – ωμικό /επαγωγικό – χωρητικό)** τα οποία τα χρησιμοποιούμε στις ασκήσεις που πραγματοποιούμε, για μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών σε μονοφασικό δίκτυο και **4 ωμικά φορτία** που τα χρησιμοποιούμε για την δημιουργία τριφασικών συμμετρικών και ασύμμετρων φορτίων και την πραγματοποίηση μετρήσεων σε αυτά.

Επίσης σε κάθε πάγκο είναι μόνιμα τοποθετημένα διάφορα όργανα μέτρησης με τις κατάλληλες υποδοχές (μπόρνες) για την σύνδεση τους στο κύκλωμα. Συγκεκριμένα έχουμε μόνιμα σε κάθε πάγκο **3 αναλογικά βαττόμετρα, 6 αμπερόμετρα** (είτε ψηφιακά , είτε αναλογικά), **1 βολτόμετρο, 1 μονοφασικό αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας** (συνδεδεμένο πριν από μια πηγή παροχής μονοφασικής τάσης) και **1 μονοφασικό μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας – γνώμονα** (συνδεδεμένο πριν από μια πηγή παροχής μονοφασικής τάσης).

Φυσικά στον πάγκο υπάρχει ο **τριπολικός γενικός διακόπτης** τροφοδοσίας του, μαζί με μια **ενδεικτική λυχνία** της κατάστασης του, οι **κατάλληλοι υποδοχείς (μπόρνες)** που παίρνουμε την τάση τροφοδοσίας (**3 φάσεις RST + ουδέτερος N**), **τρεις ενδεικτικές λυχνίες** ένδειξης τάσης στις 3 φάσεις και τέλος **ένα πολύπριζο σούκο** το οποίο ελέγχεται από τον γενικό διακόπτη, στο οποίο συνδέουμε διάφορες φορητές συσκευές που χρησιμοποιούμε στις ασκήσεις και χρειάζονται τροφοδοσία

Φυσικά στον χώρο του εργαστηρίου υπάρχουν και ένα **πλήθος φορητών συσκευών** που χρησιμοποιούνται στον παραπάνω πάγκο τροφοδοσίας συμπληρωματικά για την πραγματοποίηση των ασκήσεων και των διάφορων μετρήσεων.



ΑΣΚΗΣΗ 1^H :

ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ - ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ - ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ – ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Με τον όρο **μέτρηση μεγέθους** εννοούμε την πραγματοποίηση της σύγκρισης του μεγέθους αυτού με κάποιο άλλο μέγεθος. Πιο συγκεκριμένα σε μια μέτρηση καθορίζουμε την αριθμητική τιμή ενός φυσικού μεγέθους σε σχέση με ένα άλλο προκαθορισμένο ομοειδές μέγεθος το οποίο λαμβάνεται ως μονάδα. Η διαδικασία αυτής της σύγκρισης γίνεται με τα **όργανα μέτρησης**.

Τα όργανα μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών, ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος για τα οποία είναι κατασκευασμένα να λειτουργούν, με το σύστημα μέτρησης (τρόπος ανάγνωσης, ένδειξης) και την αρχή λειτουργίας τους.

Τα όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων ανάλογα με το **είδος το ηλεκτρικού ρεύματος** για το οποίο είναι κατασκευασμένα να παρέχουν την δυνατότητα λήψης ένδειξης μετρούμενου μεγέθους ταξινομούνται σε :

- Όργανα συνεχούς ρεύματος (D.C. ή Σ.Ρ.)
- Όργανα εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C. ή Ε.Ρ.)
- Όργανα συνεχούς ρεύματος και εναλλασσόμενου ρεύματος (D.C.-A.C. ή Σ.Ρ.-Ε.Ρ.)

“Άλλος τρόπος ταξινόμησης των οργάνων ηλεκτρικών μετρήσεων είναι ανάλογα με το **σύστημα που λαμβάνουμε από αυτά την τιμή του μετρούμενου μεγέθους**. Έτσι έχουμε :

- **Ενδεικτικά όργανα** στα οποία η τιμή του μετρούμενου μεγέθους γίνεται αντιληπτή είτε με απόκλιση του δείκτη που συναντάμε στα αναλογικά όργανα, είτε με ψηφιακή ένδειξη (φωτοδίοδοι – led ή οθόνες υγρών κρυστάλλων) που συναντάμε στα ηλεκτρονικά όργανα, είτε με παλλόμενα ελάσματα μπροστά σε βαθμονομημένη κλίμακα (συχνόμετρα), είτε τέλος με ένδειξη φωτός (φωτεινή κηλίδα σε βαθμονομημένη κλίμακα)
- **Καταγραφικά όργανα** τα οποία παρέχουν την δυνατότητα παρακολούθησης της μεταβολής της τιμής ενός φυσικού μεγέθους συναρτήσει του χρόνου.
- **Παλμογράφοι** οι οποίοι θεωρούνται όργανα που παρέχουν την δυνατότητα της παρακολούθησης της μεταβολής της τιμής και της μορφής ενός φυσικού μεγέθους στην μονάδα του χρόνου
- **Αθροιστικά όργανα** στα οποία η ένδειξη του μετρούμενου μεγέθους πραγματοποιείται αθροιστικά, δηλαδή με πρόσθεση της προηγούμενης ένδειξης του οργάνου στην νέα (μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας)

Τέλος τα όργανα μέτρησης ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους ταξινομούνται σε **ηλεκτρομαγνητικά , ηλεκτροστατικά, ηλεκτροχημικά, θερμικά και ηλεκτρονικά**.

Τα **ηλεκτρομαγνητικά όργανα** χωρίζονται σε :

- Κινητού ή στρεπτού πηνίου
- Ανορθωτικά
- Διασταυρωμένων πηνίων
- Ηλεκτροδυναμικά
- Ηλεκτροδυναμικό διασταυρωμένων πηνίων
- Κινητού σιδήρου (ελκτικού ή απωστικού τύπου)
- Επαγωγικά
- Παλλόμενων ελασμάτων
- Κινητού μαγνήτη (ενός πηνίου ή διασταυρωμένων πηνίων)

Τα **θερμικά όργανα** χωρίζονται σε

- Θερμικής διαστολής
- Θερμοηλεκτρικά

Η λειτουργία των **ηλεκτρονικών οργάνων** πραγματοποιείται όταν το μετρούμενο μέγεθος εισέλθει στην αντίστοιχη μονάδα εισόδου οπότε μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό ενισχύεται ή τροποποιείται με κατάλληλο τρόπο και ενεργοποιεί την μονάδα απεικόνισης της αριθμητικής τιμής του μετρούμενου μεγέθους.

Τα ηλεκτρονικά όργανα χρησιμοποιούνται ευρέως στην πράξη τα τελευταία χρόνια , ιδίως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την σημαντική μείωση του κόστους λειτουργίας τους. Άλλωστε παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα απέναντι στα κλασικά όργανα μετρήσεων όπως :

- Η εσωτερική τους αντίσταση η οποία έχει πολύ μεγάλη τιμή και ονομάζεται αντίσταση εισόδου
- Η μεγάλη ακρίβεια στην μέτρηση, ιδίως αν πρόκειται για ψηφιακό όργανο
- Η ταχύτητα του χρόνου διεξαγωγής της μέτρησης
- Η δυνατότητα σύνδεσης σε μετρητικό σύστημα, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει σύνδεση με Η/Υ και να λειτουργεί ανεξάρτητα από αυτό
- Η δυνατότητα προγραμματισμού του τρόπου λειτουργίας τους.











Φυσικά και τα **αναλογικά όργανα** έχουν την δική τους χρησιμότητα και πλεονεκτήματα με κυριότερο την δυνατότητα της καλύτερης ένδειξης και αντίληψης του ρυθμού μεταβολής μιας μετρούμενης τιμής.











2. ΣΥΜΒΟΛΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ












Κάθε αναλογικό όργανο έχει συνήθως στο κάτω αριστερό μέρος της μπροστινής του όψης (στην κλίμακα) μια σειρά χαρακτηριστικών συμβόλων , τα οποία πρέπει να προσέξουμε πριν χρησιμοποιήσουμε το όργανο. Τα σύμβολα αυτά μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για τον τύπο του οργάνου και την σωστή χρήση του.








Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα σύμβολα που συναντούμε στα αναλογικά όργανα κατά V.D.E. 0410 /8.64, καθώς και την ερμηνεία τους.

ΣΥΜΒΟΛΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
κατά V.D.E 0410 / 8. 64

	Συνεχούς Ρεύματος D.C.
	Εναλλασσομένου A.C.
	Συνεχούς - Εναλλασσομένου Ρεύματος
	Όργανο Ε.Ρ. ενός συστήματος
	Όργανο Ε.Ρ. δύο συστημάτων
	Όργανο Ε.Ρ. τριών συστημάτων
	Τάση δοκιμής (2KV)
	Ορθια θέση οργάνου.
	Οριζόντια θέση οργάνου.
	Πλάγια θέση οργάνου (60°).
1,5	Κλάση ακρίβειας κατά VDE 0410

	Ηλεκτροστατικός Κλωβός.
	Σιδερένιος Κλωβός.
ast	Αστατικός Μηχανισμός.
	Ρύθμιση του Μηδενός
	Προσοχή στη χρήση. Βλέπε οδηγίες.
	Κίνδυνος σε υγρά μέρη.
	Στρεπτού (κινητού) πηνίου με μαγνήτη
	Κινητού μαγνήτη.
	Κινητού ή βυθιζόμενου σιδήρου.
	Ηλεκτροδυναμικά.
	Ηλεκτροδυναμικά με σιδερένιο κλωβό.

	Επαγωγικά.
	Θερμικά.
	Όργανο παλλομένων ελασμάτων.
	Ανορθωτής.
	Θερμοηλεκτρικό Ζεύγος.
	Θερμοηλεκτρικό Ζεύγος έμμεσης θέρμανσης.
	Διασταυρούμενων πηνίων.
	Κινητού Μαγνήτη με διασταυρούμενα πηνία
	Διπλού κινητού ή βυθιζόμενου σιδήρου.
	Ηλεκτροδυναμικό με διασταυρούμενα πηνία
	Επαγωγικό.

	Διμεταλλικό.
	Ηλεκτροστατικό.
	Αντίσταση
	Αντίσταση εξωτερικού SHUNT.
	Προαντίσταση εξωτερικού.
	Επαγωγική αντίσταση
	Ηλεκτροδυναμικό διασταυρωμένων πηνίων με θωράκιση.

3. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα των ηλεκτρικών μετρήσεων είναι τα σφάλματα. Τα σφάλματα στις ηλεκτρικές μετρήσεις διακρίνονται σε σφάλματα των οργάνων μέτρησης και σε σφάλματα μετρήσεων.

Τα σφάλματα των οργάνων μέτρησης οφείλονται σε διάφορες αιτίες που μπορούμε να τις διακρίνουμε σε :

- Αλλαγή της κατάστασης του κυκλώματος με την σύνδεση του οργάνου
- Εσωτερικές αιτίες και συγκεκριμένα:
 - Σφάλματα μηχανικά
 - Λόγω ποιότητας του οργάνου
 - Λόγω τριβών
 - Λόγω κλίσης
 - Σφάλματα βαθμολογίας του οργάνου
- Εξωτερικές αιτίες
 - Σφάλματα από επίδραση θερμοκρασίας
 - Σφάλματα από επίδραση συχνότητας
 - Σφάλματα από επίδραση μαγνητικών πεδίων
 - Σφάλματα από απόκλιση του δείκτη από το μηδέν
- Υποκειμενικές αιτίες
 - Σφάλματα από παράλλαξη
 - Σφάλματα λόγω περιοχής δύσκολης ανάγνωσης
 - Σφάλματα προσέγγισης υπολογισμών
 - Σφάλματα από την μέθοδο μέτρησης

Το σφάλμα μιας μέτρησης διακρίνεται σε **απόλυτο σφάλμα** και σε **σχετικό σφάλμα**.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε :

- **Απόλυτο σφάλμα** (ΔX) θεωρούμε την διαφορά μεταξύ της πραγματικής τιμής (X_{π}) ενός μεγέθους και της μετρούμενης τιμής αυτού (X_{μ}) .

Έχουμε δηλαδή :

$$\Delta X = X_{\mu} - X_{\pi}$$

Το απόλυτο σφάλμα δεν χαρακτηρίζει την ποιότητα μιας μέτρησης. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι είναι διαφορετική η σημασία του απόλυτου σφάλματος της τάξης του 2V σε μέτρηση τάσης 50V και διαφορετική σε μέτρηση τάσης 300V.

Είναι προφανές ότι το απόλυτο σφάλμα εκφράζεται με έναν αριθμό και την μονάδα του μετρούμενου μεγέθους.

- **Σχετικό σφάλμα** ($\Sigma\Phi\%$) θεωρούμε το πηλίκο του απόλυτου σφάλματος (ΔX) και της πραγματικής τιμής του μεγέθους (X_{π}) εκφρασμένο επί τοις εκατό.

Έχουμε δηλαδή :

$$\Sigma\Phi\% = \frac{\Delta X}{X_{\pi}} \times 100$$

ή

$$\Sigma\Phi\% = \frac{X_{\mu} - X_{\pi}}{X_{\pi}} \times 100$$

Πολλές φορές στην πράξη για ευκολία το σχετικό σφάλμα αναφέρεται στην μετρούμενη τιμή X_{μ} αντί για την πραγματική X_{π} . Στην περίπτωση αυτή το σχετικό σφάλμα ως προς την μετρούμενη τιμή του μεγέθους υπολογίζεται από την σχέση :

$$\Sigma\Phi\% = \frac{\Delta X}{X_{\mu}} \times 100$$

Το σχετικό σφάλμα αποτελεί ποιοτικό χαρακτηριστικό μιας μέτρησης ενώ εκφράζεται με έναν αριθμό επί τοις εκατό.

- **Ακρίβεια μιας μέτρησης** θεωρούμε το αντίστροφο του σφάλματος. Είναι προφανές ότι αντικειμενικός σκοπός των ατόμων που εκτελούν κάποια μέτρηση αποτελεί η όσο το δυνατόν ακριβέστερη διεξαγωγή της. Ακόμη δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι κάθε προσπάθεια μείωσης του σφάλματος μιας μέτρησης συνεπάγεται και αύξηση της δαπάνης διεξαγωγής της.
- **Κλάση (G%)** ενός οργάνου μέτρησης θεωρούμε το μεγαλύτερο σχετικό σφάλμα που είναι δυνατόν να παρουσιάσει ένα όργανο σύμφωνα με τον κατασκευαστή του στους 20° C ως προς το μέγιστο (μέγιστη τιμή) της κλίμακας του.

Έχουμε δηλαδή :

$$G\% = \frac{\max|X_{\pi} - X_{\mu}|}{X_{\text{τελοςκλιμακ}}} \times 100$$

Η κλάση ενός οργάνου μέτρησης εκφράζεται με μια αριθμητική τιμή, η οποία στα αναλογικά όργανα συνήθως αναγράφεται από τον κατασκευαστή στο κάτω αριστερό μέρος της κλίμακας του οργάνου.

Οι τυποποιημένες τιμές της κλάσης των οργάνων μέτρησης είναι :

- **0,05** και **0,1** (πρότυπα όργανα)
- **0,2** (φορητά όργανα μεγάλης ακριβείας για ειδικές εργαστηριακές μετρήσεις)
- **0,3** και **0,5** (φορητά όργανα ακριβείας για εργαστηριακές μετρήσεις)
- **1,0** (φορητά όργανα ελέγχου λειτουργίας ηλεκτρικών εγκαταστάσεων)
- **1,5** (όργανα ακριβείας ηλεκτρικών πινάκων και κανονικά φορητά όργανα)
- **2,5** και **5** (κανονικά όργανα ηλεκτρικών πινάκων)

Με τον όρο **ευαισθησία ενός οργάνου** ονομάζουμε το πηλίκο της μεταβολής της εξόδου του οργάνου ως προς μια μικρή μεταβολή της εισόδου του. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ότι γίνεται από κάποια θέση ισορροπίας και βέβαια γίνεται αντιληπτή μόνο από όργανα που έχουν πολύ μεγάλη ευαισθησία.

Επαναληψιμότητα είναι η ικανότητα του οργάνου να δείχνει περίπου την ίδια τιμή μέτρησης όσες φορές και αν μετρήσουμε το ίδιο μέγεθος άσχετα αν η μετρούμενη τιμή είναι κοντά στο στόχο της μέτρησης.

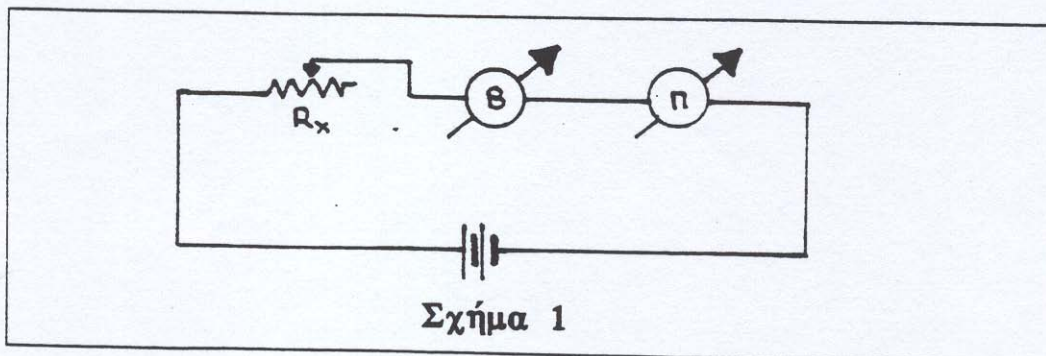
4. ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΟΡΓΑΝΩΝ

Μια μεγάλη κατηγορία οργάνων Σ.Ρ. αποτελούνται απο κάποιο βασικό όργανο που λειτουργεί σαν αμπερόμετρο σε συνδιασμό με διάφορες αντιστάσεις. Ανάλογα με τις τιμές και τη συνδεσμολογία των αντιστάσεων αυτών, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί σαν αμπερόμετρο, βολτόμετρο ή ωμόμετρο με διάφορες περιοχές μετρήσεων.

1. Στοιχεία Βασικού Οργάνου.

Κάθε βασικό όργανο χαρακτηρίζεται απο την εσωτερική του αντίσταση r_0 και την μέγιστη ένταση ρεύματος I_0 που μετράει η κλίμακα του.

Για να βρούμε τη I_0 εκτελούμε την συνδεσμολογία του σχήματος 1, όπου η πηγή Σ. Π. (E, τ) τροφοδοτεί το βασικό όργανο (B) σε σειρά με ένα πρότυπο αμπερόμετρο (Π). Ρυθμίζουμε το **ροοστάτη** R_x έως ότου η απόκλιση του (B) γίνει μέγιστη, οπότε διαβάζουμε την τιμή της I_0 στο (Π).

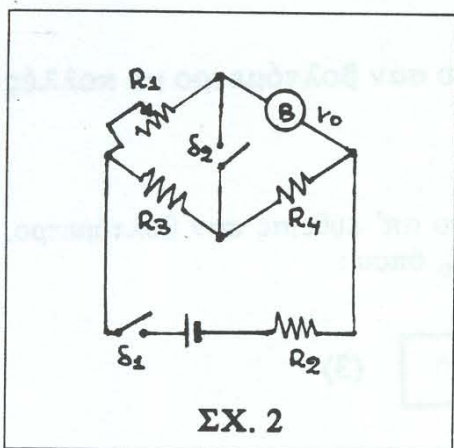


◆ *A-Τρόπος:*

Μετράμε την πτώση τάσης στ' άκρα του βασικού οργάνου $V = I_0 \cdot r_0$

◆ *B -Τρόπος:*

Για να βρούμε τη r_0 χρησιμοποιούμε τη συνδεσμολογία του Σχ. 2 που λέγεται "**γέφυρα Kelvin**".



Η R_2 εκλέγεται ώστε η ένδειξη του οργάνου να βρίσκεται περίπου στη μέση της κλίμακας. Στη συνέχεια μεταβάλλουμε την R_1 ώσπου να πετύχουμε ισορροπία της γέφυρας.

Τότε με κλειστό τον διακόπτη (δ_1), το άνοιγμα ή το κλείσιμο του διακόπτη (δ_2), δεν επηρεάζει την ένδειξη του (B).

ΣΧ. 2

Απο τη σχέση $R_1 / r_0 = R_3 / R_4$ βρίσκουμε :

$$r_0 = \frac{R_1 R_4}{R_3} \quad (1)$$

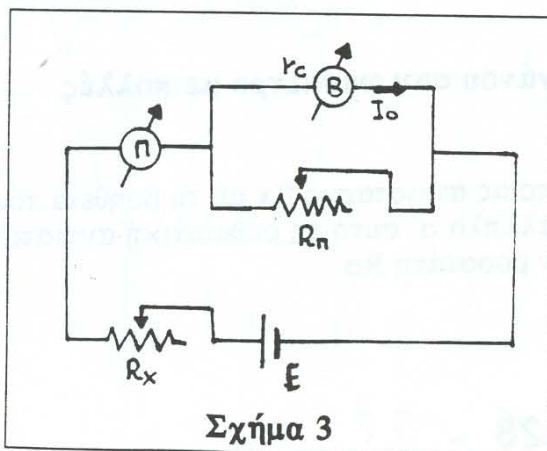
2. Λειτουργία Βασικού Οργάνου σαν αμπερόμετρο με πολλές κλίμακες.

Το βασικό όργανο λειτουργεί σαν αμπερόμετρο με περιοχή μετρήσεων απο $0 \div I_0$. Αν επιθυμούμε να επεκτείνουμε την περιοχή ώστε να μετράει απο $0 \div \lambda I_0 = I$ όπου $\lambda > 1$ τοποθετούμε παράλληλα σ' αυτό αντίσταση R_{Π} (Σχ. 3) ώστε :

$$\lambda I_0 \cdot \frac{R_{\Pi} \cdot r_0}{R_{\Pi} + r_0} = I_0 \cdot r_0$$

και

$$R_{\Pi} = \frac{r_0}{\lambda - 1}$$



Σχήμα 3

Έτσι για διαφορά (λ) μπορούμε να βρούμε την κατάλληλη R_{Π} απο την (2). Η R_x χρησιμοποιείται για να πετύχουμε διάφορες τιμές του λI_0 που μετράμε με το πρότυπο όργανο (Π), κι έτσι να ελέγχουμε πειραματικά τη (2).

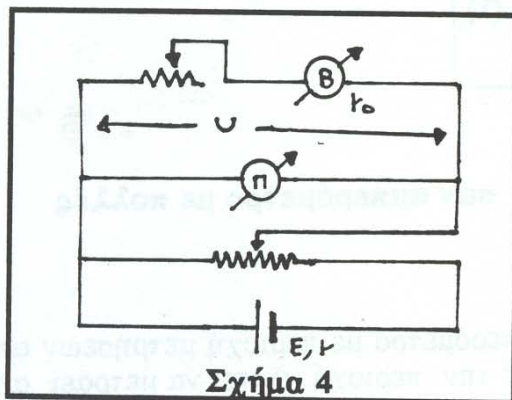
3. Λειτουργία του Βασικού οργάνου σαν βολτόμετρο με πολλές κλίμακες.

Αν χρησιμοποιήσουμε το βασικό όργανο απ' ευθείας σαν βολτόμετρο, τότε μπορούμε να μετράμε τάσεις απο $0 \div U_0$ όπου :

$$U_0 = I_0 \cdot r_0 \quad (3)$$

είναι η τάση που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόκλιση.

Για να επεκτείνουμε τάσεις απο $0 \div \lambda U_0$ με $\lambda > 1$ τοποθετούμε σε σειρά με το όργανο αντίσταση R_σ (Σχ. 4).



$$\text{ώστε} \quad \frac{U_0}{r_0} = \frac{\lambda U_0}{R_\sigma + r_0}$$

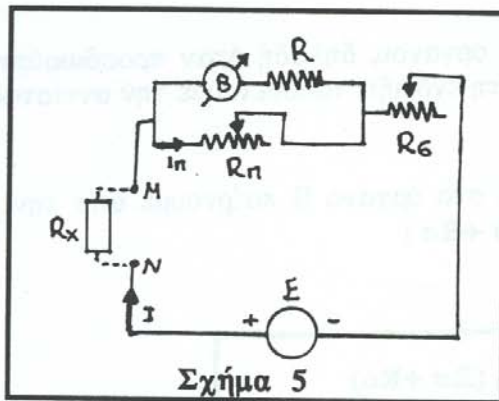
απ' όπου έχουμε :

$$R_\sigma = (\lambda - 1) \cdot r_0 \quad (4)$$

Το ποτενσιόμετρο και το πρότυπο βολτόμετρο (Π) μετράει την τάση λU_0 , χρησιμοποιούνται για τον πειραματικό έλεγχο της (4).

4. Λειτουργία του Βασικού οργάνου σαν ωμόμετρο με πολλές κλίμακες.

Για να πετύχουμε την μέτρηση κάποιας αντίστασης R_x με τη βοήθεια του Βασικού οργάνου, συνδέουμε παράλληλα σ' αυτό τη ρυθμιστική αντίσταση R_ρ και σε σειρά με το σύστημα τον ροοστάτη R_σ .



Αν υποθέσουμε ότι επιθυμούμε να μετρήσουμε αντίσταση R_x που βρίσκεται στη περιοχή $0 \div R_0$ θα πρέπει όταν τα M και N βραχυκυκλωθούν (οπότε $R_x=0$) να έχουμε τη μέγιστη ένδειξη στο (B) ενώ όταν $R_x=R_0$ η ένδειξη να ελαχιστοποιηθεί.
π.χ. να γίνει το 1/5 της μέγιστης.

Έτσι αν ονομάσουμε E την Η.Ε.Δ της βοηθητικής πηγής τάσης που θα χρησιμοποιήσουμε για τη λειτουργία του ωμομέτρου, και υποθέτουμε ότι η R_σ περιλαμβάνει και την εσωτερική της αντίσταση, παίρνουμε για $R_x=0$:

$$I_\pi = I_0 \cdot \frac{\gamma'_0}{R_\pi}$$

όπου $\gamma'_0 = r_0 + R$

Άρα $I = I_0 + I_\pi = I_0 \cdot \left(1 + \frac{\gamma'_0}{R_\pi}\right)$

και $E = I_0 \cdot \gamma'_0 + I \cdot R_\sigma = I_0 \gamma'_0 + \left[I_0 \cdot \left(1 + \frac{\gamma'_0}{R_\pi}\right) \right] \cdot R_\sigma \Rightarrow$

$$\Rightarrow E = I_0 \left(\gamma'_0 + R_\sigma + \frac{\gamma'_0 R_\sigma}{R_\pi} \right)$$

απο όπου έχουμε :

$$R_\pi = \frac{I_0 \cdot \gamma'_0 \cdot R_\sigma}{E - I_0 \cdot (\gamma'_0 + R_\sigma)} \quad (5)$$

Αφού πετύχουμε το μηδενισμό του οργάνου, δηλαδή όταν προσδιορίσουμε την R_{π} για την οποία έχουμε μέγιστη ένδειξη, τοποθετούμε την αντίσταση $R_x = R_0$.

Αν ονομάσουμε i_0 την νέα ένταση στο όργανο Β παίρνουμε από την (5) αντικαθιστώντας όπου το R_{σ} το $R_{\sigma} + R_0$:

$$R_{\pi} = \frac{i_0 \cdot r'_0 \cdot (R_{\sigma} + R_0)}{E - i_0 \cdot (r'_0 + R_{\sigma} + R_0)} \quad (6)$$

Εξισώνοντας τα α μέλη των σχέσεων (5) και (6) και μετά από πράξεις προκύπτει:

$$\frac{I_0}{i_0} = 1 + \frac{R_0}{R_{\sigma}} \cdot \frac{E_0 - I_0 r'_0}{E_0}$$

ονομάζοντας

$$\lambda = \frac{E_0 - I_0 r'_0}{E} < 1 \quad (7)$$

έχουμε:

$$\frac{I_0}{i_0} = 1 + \lambda \cdot \frac{R_0}{R_{\sigma}} \quad (8)$$

$$\text{Έτσι αν θέλουμε να έχουμε } I_0 / i_0 = \mu > 1 \quad (9)$$

$$\text{θα πρέπει } 1 + \lambda \cdot (R_0 / R_\sigma) = \mu \quad (10)$$

$$\text{και } R_\sigma = \frac{\lambda \cdot R_0}{\mu - 1} \quad (11)$$

Δηλαδή για να έχει το όργανο B αρκετή ευαισθησία στην περιοχή $0 \div R_0$ ή R_σ , εκλέγεται με βάση τη σχέση (11).

Σχετικά με τη βαθμολογία του οργάνου σαν ωμόμετρο παρατηρούμε ότι οι ενδείξεις του δεν είναι ανάλογες των αντιστάσεων που μετράμε αλλά ελαττώνονται όσο αυξάνεται η τιμή της R_x .

Πραγματικά αν i είναι η αντίστοιχη ένδειξη με την τιμή της R_x ($0 < R_x < R_0$) η σχέση (8) γράφεται :

$$\text{έχουμε : } \frac{I_0}{i} = 1 + \lambda \cdot \frac{R_x}{R_\sigma}$$

η αν λάβουμε υπ' όψη την σχέση (10), έχουμε :

$$\frac{I_0}{i} = 1 + (\mu - 1) \cdot \frac{R_x}{R_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = \frac{I_0}{1 + (\mu - 1) R_x / R_0} \quad (12)$$

Η σχέση (12) που δίνει για κάθε R_x την αντίστοιχη ένδειξη του οργάνου, επιτρέπει τη βαθμολογία του σε $[\Omega]$

5. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΩΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟΥ-ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΥ

- Τα βολτόμετρα συνδέονται πάντα παράλληλα στα σημεία του στοιχείου του ηλεκτρικού κυκλώματος του οποίου πρόκειται να μετρηθεί η διαφορά δυναμικού τους (τάση). Εάν το βολτόμετρο συνδεθεί κατά λάθος σε σειρά στο κύκλωμα τότε λόγω της πολύ μεγάλης εσωτερικής αντίστασης, θα εμποδίζει την λειτουργία του κυκλώματος.
- Τα αμπερόμετρα συνδέονται πάντα σε σειρά με το στοιχείο του ηλεκτρικού κυκλώματος του οποίου πρόκειται να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. Εάν το αμπερόμετρο συνδεθεί κατά λάθος παράλληλα προς το στοιχείο του κυκλώματος τότε λόγω της πολύ μικρής του εσωτερικής αντίστασης θα διέλθει από το μηχανισμό του ρεύμα πάρα πολύ υψηλής τιμής και θα καταστραφεί (καίγεται)
- Η θέση του δείκτη ενός αναλογικού οργάνου πρέπει να βρίσκεται πάντοτε στο μηδέν της κλίμακας. Έτσι πριν από την σύνδεση του οργάνου στο ηλεκτρικό κύκλωμα πρέπει να διεξάγεται έλεγχος της θέσης του δείκτη του. Αν υπάρχει απόκλιση από το μηδέν πρέπει να πραγματοποιείται η ρύθμιση του με την χρησιμοποίηση της κατάλληλης βίδας που υπάρχει στο όργανο.
- Επειδή τα ηλεκτρικά όργανα μετρήσεων είναι αρκετά ευπαθή ο χειρισμός τους πρέπει να πραγματοποιείται με μεγάλη προσοχή. Τα σημεία των οργάνων που παρουσιάζουν τα πιο συχνά προβλήματα προερχόμενα από κτυπήματα και κραδασμούς είναι τα έδρανα και το κινητό τους σύστημα.
- Τα κινητά όργανα πρέπει να τοποθετούνται σύμφωνα με την θέση που ορίζει ο κατασκευαστής και αναγράφεται με το κατάλληλο σύμβολο στην μετώπη τους.
- Πρέπει να πραγματοποιείται η εκτίμηση της τιμής – τάξης του μεγέθους που πρόκειται να μετρηθεί ώστε να επιλέγεται το όργανο με την κατάλληλη κλίμακα.
- Τα ηλεκτρικά όργανα μετρήσεων που διαθέτουν επιλογέα περιοχών μέτρησης προστατεύονται μόνο όταν η μέτρηση των άγνωστων μεγεθών αρχίζει από την μεγαλύτερη περιοχή μέτρησης τους. Η λήψη της ένδειξης της μέτρησης πραγματοποιείται όταν ο δείκτης του οργάνου βρίσκεται προς το τέλος της περιοχής της κλίμακας του.
- Οι ενδείξεις των ηλεκτρικών οργάνων μέτρησης επηρεάζονται από την παρεμβολή άλλων ηλεκτρικών οργάνων κατά την διεξαγωγή της μέτρησης, από την επίδραση του περιβάλλοντος κλπ. Έτσι πρέπει να πραγματοποιείται εκτίμηση των υπεισερχόμενων αυτών σφαλμάτων.
- Η σωστή λειτουργία των ηλεκτρικών οργάνων μέτρησης σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος επιβάλλει την σωστή πολικότητα τους κατά την πραγματοποίηση των διαφόρων συνδεσμολογιών.
- Η λειτουργία οργάνων μέτρησης σε κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος δεν απαιτεί έλεγχο πολικότητας.
- Κατά την διεξαγωγή ηλεκτρικών μετρήσεων τα διάφορα όργανα πρέπει να βρίσκονται μακριά από αγωγούς που διαρρέονται από ισχυρά ρεύματα για να μην επηρεάζονται οι ενδείξεις τους από το δημιουργούμενο μαγνητικό πεδίο γύρω από τους αγωγούς αυτούς.

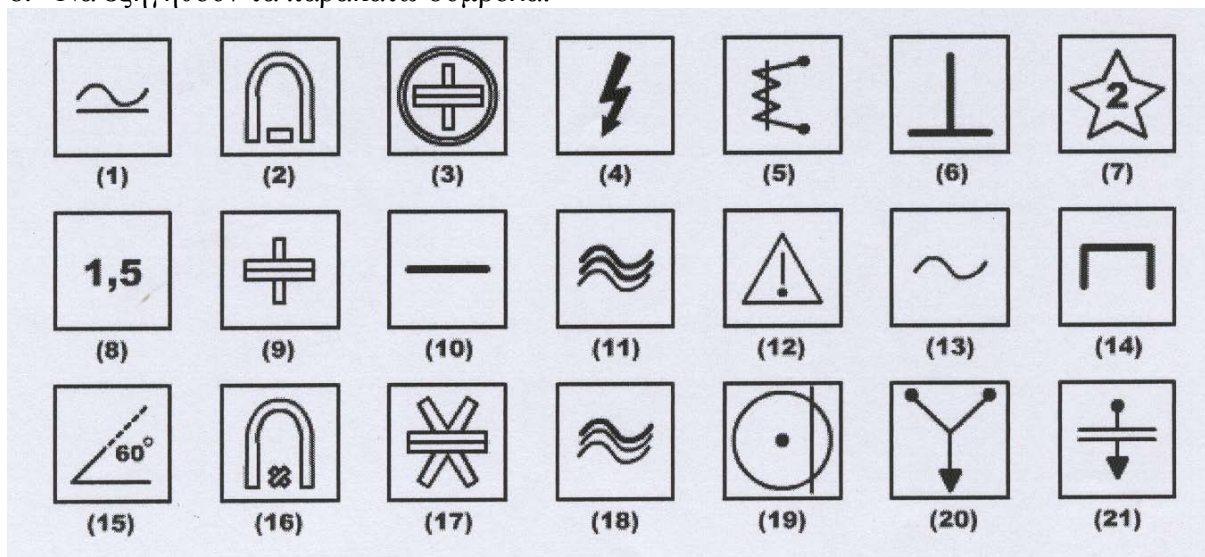
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Να αναγνωρίσετε στον πάγκο εργασίας τα διάφορα όργανα μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών.
2. Σημειώστε για το αναλογικό βαττόμετρο και το αναλογικό βολτόμετρο τα χαρακτηριστικά σύμβολα που βρίσκονται στο κάτω μέρος της κλίμακας τους. Επεξηγήστε τα παραπάνω σύμβολα.
3. Ενώστε το 1^ο φορτίο (φορτίο R) σε μονοφασικό δίκτυο (άκρα R και N). Παρεμβάλετε σε σειρά ένα αμπερόμετρο ώστε να μετρήσετε το ρεύμα που καταναλώνει το φορτίο και ένα βολτόμετρο παράλληλα στο φορτίο ώστε να μετρήσετε την τάση στα άκρα του. Για αμπερόμετρο να χρησιμοποιήσετε το αναλογικό αμπερόμετρο που βρίσκεται στον πάγκο σας.
Παρατήρηση : Επειδή δεν γνωρίζουμε το μέγεθος του ρεύματος που θα μετρήσουμε χρησιμοποιούμε την μεγαλύτερη κλίμακα (10 A). Αν η μετρούμενη τιμή είναι μικρότερη από την τιμή της επόμενης κλίμακας, τότε αφού θέσουμε το κύκλωμα εκτός τάσης, συνδέουμε το όργανο στην χαμηλότερη κλίμακα.
4. Σχεδιάστε το κύκλωμα που πραγματοποιήσατε. Η ένδειξη του βολτομέτρου είναι ίδια με την τάση στα άκρα της πηγής σας. Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
5. Αφού γίνει έλεγχος στο κύκλωμα σας από τον υπεύθυνο καθηγητή, τροφοδοτείτε το με τάση μέσω του γενικού διακόπτη και σημειώστε τις μετρήσεις του ρεύματος που απορροφά το φορτίο και της τάσης στα άκρα του.
6. Αν υποθέσουμε ότι το αναλογικό αμπερόμετρο έχει κλάση 1.5, και με βάση την κλάση του βολτομέτρου που αναγράφεται στην κλίμακα του, υπολογίστε το σχετικό σφάλμα των μετρήσεων που πραγματοποιήσατε.
7. Να επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία για το 2^ο φορτίο (L) και το 3^ο φορτίο (C) ξεχωριστά
8. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα μετρήσεων :

ΦΟΡΤΙΟ	ΚΛΙΜΑΚΑ ΑΜΠΕΡΟΜ	ΚΛΑΣΗ ΑΜΠΕΡ.	ΚΛΙΜΑΚΑ ΒΟΛΤΟΜ.	ΚΛΑΣΗ ΒΟΛΤΟΜ.	ΡΕΥΜΑ (A)	ΣΧ. ΣΦ. %	ΤΑΣΗ (V)	ΣΧ. ΣΦ. %
R		1,5						
L		1,5						
C		1,5						

Γ. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να ευρεθεί το μέγιστο απόλυτο και το σχετικό σφάλμα αμπερομέτρου με μέγιστη ένδειξη 100 A, όταν η βελόνη του δείχνει 20 A και είναι κλάσης 1,5
2. Διαθέτουμε ένα βολτόμετρο 0-500 V και θέλουμε να μετρήσουμε μια τάση 380 V. Αν θέλουμε το σχετικό σφάλμα της μέτρησης μας να μην ξεπερνά το 2%, βρείτε την μέγιστη τιμή της κλάσης του οργάνου που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε (τυποποιημένη τιμή).
3. Να ευρεθεί το μέγιστο απόλυτο και σχετικό σφάλμα βαττομέτρου με μέγιστη ένδειξη 2000 W , κλάσης 0,5 όταν η βελόνη του δείχνει :
 - 1500 W
 - 200 W
4. Να ευρεθεί η αντίσταση που πρέπει να συνδεθεί σε αμπερόμετρο με μέγιστη ένδειξη 100mA και εσωτερική αντίσταση 1,5Ω ώστε να μετρά 12 A. Να σχεδιαστεί το κατάλληλο κύκλωμα.
5. Να ευρεθεί η αντίσταση που θα πρέπει να συνδεθεί σε βολτόμετρο με μέγιστη ένταση $I_0=80\text{mA}$ και εσωτερική αντίσταση 1,5 Ω ώστε να μετρά :
 - 200 V
 - 500 V
 Να σχεδιαστεί το κατάλληλο κύκλωμα που να περιλαμβάνει και τις δυο αντιστάσεις μέσω επιλογικού διακόπτη.
6. Να εξηγηθούν τα παρακάτω σύμβολα:



7. Τι εκφράζει η κλάση ενός οργάνου μέτρησης; Ποιες είναι οι τυποποιημένες τιμές των κλάσεων των οργάνων μέτρησης και που χρησιμοποιείται η καθεμία;

8. Θέλουμε να μετρήσουμε ρεύμα εντάσεως :

- 1 A
- 50 A

Τι κλάση αμπερομέτρου θα επιλέξουμε και γιατί;

9. Κατά την μέτρηση ενός μεγέθους με αναλογικό όργανο μέτρησης, ποια στοιχεία μας είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του σχετικού σφάλματος μέτρησης; Με πιο κριτήριο επιλέγουμε την περιοχή μέτρησης ενός αναλογικού οργάνου και γιατί;

10. Αν χρησιμοποιήσουμε ένα αμπερόμετρο σε σειρά σε ένα κύκλωμα τροφοδότησης ενός φορτίου από μονοφασικό δίκτυο για την μέτρηση του ρεύματος που απορροφά και ενός βολτομέτρου παράλληλα στο φορτίο για να μετρήσουμε την τάση στα άκρα του, υπεισέρχονται σφάλματα από την μέθοδο μέτρησης και γιατί ;

ΑΣΚΗΣΗ 2^Η : ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι μετασχηματιστές μετρήσεων χρησιμοποιούνται για την μέτρηση εναλλασσόμενων τάσεων και εντάσεων δικτύων υψηλής τάσης ή και μεγάλων εντάσεων δικτύων χαμηλής τάσης.

Οι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση εντάσεων ονομάζονται **Μ/Σ εντάσεως**, ενώ οι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση τάσεων ονομάζονται **Μ/Σ τάσεως**.

Με τους Μ/Σ μετρήσεων επιτυγχάνεται η ηλεκτρική απομόνωση από τα κυκλώματα υψηλής τάσεως και έτσι τα όργανα τοποθετούνται σε θέσεις επιλογής του παρατηρητή.

Η ονομαστική ισχύς τους δεν ξεπερνά τις μερικές δεκάδες VA ενώ το μέγεθος της κατασκευής τους δεν εξαρτάται τόσο από αυτή αλλά από τις αναγκαίες μονώσεις.

Α1. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

1. Ονομαστικές εντάσεις I_1, I_2

Πρωτεύουσα και δευτερεύουσα ονομαστική ένταση ενός μετασχηματιστή εντάσεως λέγονται οι εντάσεις που αναγράφονται στην πινακίδα του π.χ. 200/50A

Από τους κανονισμούς VDE προβλέπονται οι εξής πρωτεύουσες ονομαστικές εντάσεις:

5A – 10A – 12,5 A – 15A – 20A – 30A – 60A

καθώς και τα πολλαπλάσια αυτών.

Συνηθισμένες δευτερεύουσες ονομαστικές εντάσεις είναι : 1A – 5A

2. Ονομαστική τάση U_N

Είναι η τάση του δικτύου που αναγράφεται στην πινακίδα του Μ/Σ έντασης και στην οποία ο Μ/Σ μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του π.χ. 0,5KV-1KV-3KV-10KV-20KV

3. Ονομαστική σχέση μεταφοράς K_N

Είναι ο λόγος της ονομαστικής πρωτεύουσας έντασης I_1 προς την δευτερεύουσα ονομαστική ένταση I_2 π.χ. 600/5 A.

4. Ονομαστική ισχύς P_N

Είναι το γινόμενο της ονομαστικής επιφόρτισης επί το τετράγωνο της δευτερεύουσας ονομαστικής έντασης. Από τους κανονισμούς VDE 0414/12,70 καθορίζονται οι εξής ονομαστικές ισχύεις : 1-1,5-2-2,5-5-10-20-30-60 VA.

$$P_N = Z_N \times I_{2N} \text{ (VA)}$$

5. Ονομαστική επιφόρτιση Z_N

Είναι η σύνθετη αντίσταση σε Ohm κατά την οποία τα σφάλματα παραμένουν σε καθορισμένα όρια.

6. Εσωτερική επιφόρτιση Z_i

Είναι η σύνθετη αντίσταση σε Ohm του δευτερεύοντος τυλίγματος επί $\cos \beta$. Το Z_i είναι συνήθως 5% έως 10% του Z_N .

7. Συντελεστής ισχύος επιφόρτισης $\cos \beta$

Είναι : $\cos \beta = \frac{P}{S}$ Η ονομαστική τιμή του $\cos \beta$ είναι $\cos \beta = 0,8$ για ονομαστική ισχύ πάνω

από 3,5VA ενώ για $S < 3,5VA$ το $\cos \beta = 1$.

8. Ονομαστικός συντελεστής υπερεντάσεως n .

Είναι το πολλαπλάσιο της πρωτεύουσας ονομαστικής έντασης η I_N κατά την οποία το σφάλμα εντάσεως κατά την ονομαστική επιφόρτιση και λόγω κορεσμού του πυρήνα ανέρχεται σε - 5% ή -10%.

9. Πρωτεύουσα οριακή θερμική ένταση I_{th}

Είναι η γραμμένη στην πινακίδα του Μ/Σ πρωτεύουσα ένταση σε ΚΑ της οποίας η θερμική επίδραση μπορεί να υποστεί το πρωτεύον τύλιγμα του χωρίς βλάβη για 1 sec με βραχυκυκλωμένη την δευτερεύουσα περιέλιξη

$$A = \frac{I_{th}(A)}{180 \text{ ή } 160 (A / \text{mm}^2)}$$

10. Δυναμική οριακή ένταση I_{dyn}

Δυναμική οριακή ένταση είναι η μέγιστη στιγμιαία ένταση που μπορεί να δεχθεί το πρωτεύον με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον χωρίς μηχανική βλάβη.

11. Εξάρτηση μετασχηματιστών εντάσεως από την συχνότητα

Με αυξανόμενη συχνότητα (από 50 έως 500 Hz) μικραίνουν τα σφάλματα γωνίας. Για μικρότερες συχνότητες κάτω από 50Hz τα σφάλματα μεγαλώνουν.

A2. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΤΑΣΕΩΣ**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΤΑΣΕΩΣ****1. Ονομαστική ισχύς P_N**

Ονομαστική ισχύς στους μετασχηματιστές τάσεως είναι η φαινόμενη ισχύς δηλαδή το γινόμενο της ονομαστικής επιφόρτισης Y_N επί του τετραγώνου της δευτερεύουσας ονομαστικής εντάσεως U_{2N} .

$$P_N = Y_N \cdot U_{2N}^2 (\text{VA}) \text{ π.χ. } 100 \text{ VA}$$

$$Y_N = 1 / Z_N (\text{S}) \text{ π.χ. } 1/100 \text{ SIEMENS}$$

2. Συντελεστής ισχύος επιφόρτισης $\cos \beta$

Είναι : $\cos \beta = \frac{P}{S}$ Η ονομαστική τιμή του $\cos \beta$ είναι 0,2 – 0,5 για τους μετρητές πραγματικής ισχύος και 0,75 – 0,9 για τους μετρητές άεργου ισχύος.

3. Ονομαστικές τάσεις

Οι τάσεις που αναγράφονται στην πινακίδα του Μ/Σ

4. Ονομαστική σχέση μεταφοράς

Είναι ο λόγος της ονομαστικής πρωτεύουσας τάσεως προς την ονομαστική δευτερεύουσα.

5. Ονομαστική συχνότητα

Είναι η αναγραφόμενη στην πινακίδα

6. Οριακή Ισχύς

Είναι η ισχύς με την οποία μπορεί να φορτιστεί ο Μ/Σ χωρίς να υπερβεί την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία

7. Επίδραση της συχνότητας στον Μ/Σ τάσεως

Αυξανόμενη της συχνότητας ελαττώνεται η εν κενώ ένταση, αυξάνεται όμως η επαγωγική αντίσταση.

8. Είδος Μ/Σ τάσεως

Είναι μονοπολικό όταν μετρούν τάση μεταξύ γης και διπολικό όταν μετρούν τάση μεταξύ δυο φάσεων.

A3. ΣΦΑΛΜΑΤΑ Μ/Σ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**1. Σφάλματα Μ/Σ έντασης**

- **Σφάλματα έντασης F_1**

$$F_1 = 100 \times \frac{I_2 \times K_N - I_1}{I_1} \% \text{ όπου } K_N = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}$$

- **Σφάλματα γωνίας δ_2**

Φασική απόκλιση δευτερεύουσας από πρωτεύουσα ένταση.

Μονάδα μέτρησης MIN : (λεπτά γωνία)

2. Σφάλματα Μ/Σ τάσης

- Σφάλματα τάσης F_U

$$F_U = 100 \times \frac{U_2 \times K_N - U_1}{U_1} \% \text{ όπου } K_N = \frac{U_{1N}}{U_{2N}}$$

- Σφάλματα γωνίας δ_U

Η φασική μετατόπιση της δευτερεύουσας τάσης έναντι της τάσης στο πρωτεύον.

44. ΕΚΛΟΓΗ Μ/Σ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

Για την προμήθεια ενός μετασχηματιστού εντάσεως είναι απαραίτητη η διευκρίνιση των εξής στοιχείων :

1. Τάση λειτουργίας π.χ. 20 KV
2. Καθορισμός της πρωτεύουσας ονομαστικής εντάσεως

$$I_{IN} \geq \frac{\text{ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (VA)}}{\text{ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (V)} \times \sqrt{3}} = \frac{S}{U \times \sqrt{3}}$$

3. Επιτρεπόμενη συνεχής ελάχιστη ένταση (θερμική) 20% είναι η επιτρεπόμενη συνεχής υπερφόρτωση
4. Καθορισμός της δευτερεύουσας ονομαστικής έντασης. Συνήθεις τιμές 5 A και 1 A
Μεγάλο ρόλο παίζει η απόσταση του δικτύου από το όργανο μέτρησης π.χ. απόσταση 22m , αγωγός σύνδεσης 4 mm²
5. Καθορισμός κλάσης ακριβείας
6. Εκλογή διαστάσεων
7. Εκλογή είδους μόνωσης
8. Εάν ο μετασχηματιστής είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου

45. ΕΚΛΟΓΗ Μ/Σ ΤΑΣΕΩΣ

Για την προμήθεια ενός μετασχηματιστού τάσεως είναι απαραίτητη η διευκρίνιση των εξής στοιχείων :

1. Καθορισμός πρωτεύουσας ονομαστικής τάσης.

Η κλάση ακριβείας ενός μετασχηματιστή διατηρείται τουλάχιστον για τάσεις από 80% έως 120% της ονομαστικής τάσης π.χ. για έναν μετασχηματιστή 20000/100V κλάσης 0,5 , η κλάση παραμένει να είναι 0,5 από 16000 V έως 24000 V

Για μονοπολικούς μετασχηματιστές αναγράφεται η τάση αστέρα του δικτύου

$$\text{π.χ. } \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ KV}$$

Για διπολικούς μετασχηματιστές αναγράφεται η τάση του τριγώνου

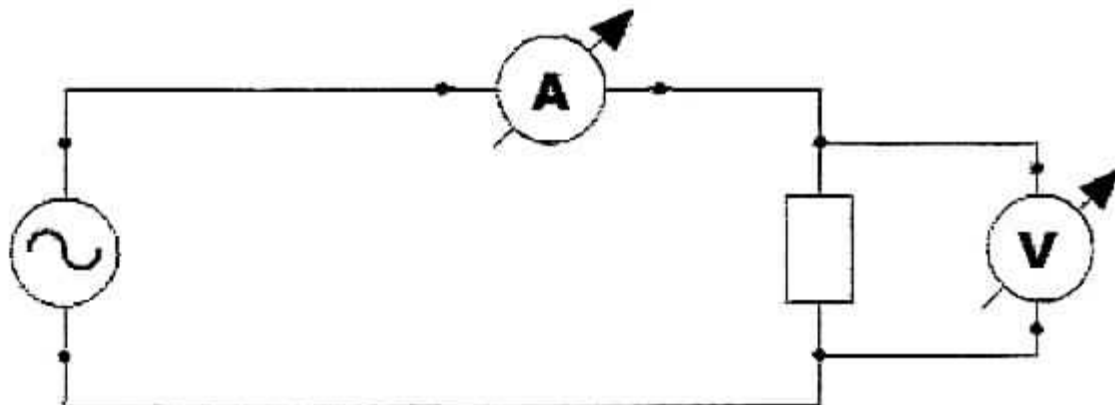
2. Καθορισμός δευτερεύουσας ονομαστικής τάσης.

$$\text{Για μονοπολικούς } \frac{100}{\sqrt{3}}$$

3. Καθορισμός ονομαστικής ισχύος.
4. Κλάση ακριβείας
5. Εάν είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος και να μετρηθεί το ρεύμα και η τάση στον καταναλωτή για 3 διαφορετικές περιπτώσεις φορτίου (R,L,C)



2. Σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιείτε αμπεροτσιμπίδα και μετρήστε το ρεύμα του καταναλωτή (περιοχή μέτρησης 6 A). Για μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης τυλίξτε το καλώδιο δημιουργώντας σπείρες (δημιουργία 2,3,4σπειρών) στην αμπεροτσιμπίδα.
3. Συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα :

ΦΟΡΤΙΟ	ΤΑΣΗ	ΕΝΤΑΣΗ	ΑΜΠΕΡΟΤΣ ΣΠΕΙΡΕΣ 2	Σ.Φ. %	ΑΜΠΕΡΟΤΣ ΣΠΕΙΡΕΣ 3	Σ.Φ. %	ΑΜΠΕΡΟΤΣ ΣΠΕΙΡΕΣ 4	Σ.Φ. %
R								
L								
C								

Υπολογίστε το σχετικό σφάλμα της μέτρησης με αμπεροτσιμπίδα σε κάθε περίπτωση, θεωρώντας ότι η ένδειξη του αναλογικού αμπερομέτρου είναι η πραγματική. Δικαιολογήστε την διαφορά των ενδείξεων αμπερομέτρου και αμπεροτσιμπίδας.

4. Τοποθετήστε μέσα στην αμπεροτσιμπίδα και τους δυο αγωγούς. Τι μετρά τώρα;
5. Ποια είναι η μεγαλύτερη ένταση που μπορεί να μετρήσει η τσιμπίδα;
6. Θα τοποθετούσατε ποτέ ασφάλεια στο δευτερεύον ενός Μ/Σ έντασης και γιατί;
7. Ποιο το κριτήριο επιλογής της δευτερεύουσας έντασης σε Μ/Σ έντασης;
8. Ποια η επίδραση της συχνότητας σε έναν Μ/Σ έντασης;
9. Γιατί δεν πρέπει να αποσυνδέουμε το αμπερόμετρο από το δευτερεύον ενός Μ/Σ έντασης όταν αυτός βρίσκεται σε λειτουργία;
10. Ποιος Μ/Σ παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση εισόδου, ο Μ/Σ έντασης ή ο Μ/Σ τάσης και γιατί ;
11. Ποια τα είδη Μ/Σ έντασης;

ΑΣΚΗΣΗ 3^H :

ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Γενικά

Σε πολλές ηλεκτρικές συσκευές το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται κυρίως στην ισχύ. Για παράδειγμα ενδιαφερόμαστε για την ισχύ που παράγει μια γεννήτρια, την ισχύ εισόδου ενός ηλεκτρικού κινητήρα κλπ. Ως ισχύς ενός στοιχείου ορίζεται το γινόμενο της τάσης στα άκρα του επί το ρεύμα που διαρρέει:

$$p = u \times i \quad (1)$$

Σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, η ισχύς μιας αντίστασης R – με τη βοήθεια του νόμου του Ohm – δίνεται ως εξής:

$$p = I^2 \times R \quad (2)$$

Στο συνεχές ρεύμα η ισχύς είναι ανεξάρτητη του χρόνου και πάντα θετική, δηλαδή έχουμε μεταφορά ενέργειας από την πηγή στο φορτίο.

1.2 Υπολογισμός της ισχύος στο A.C.

Ας θεωρήσουμε την περίπτωση κατά την οποία ένα φορτίο τροφοδοτείται από το δίκτυο με εναλλασσόμενη τάση $u(t)$ και διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα $i=i(t)$ το οποίο υστερεί της τάσης κατά μια τυχαία γωνία φ :

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

$$i(t) = I_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad \text{όπου } U_0 \text{ και } I_0 \text{ είναι οι μέγιστες τιμές της τάσης και του ρεύματος.}$$

Η στιγμιαία ισχύς του φορτίου μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\begin{aligned} p(t) &= u(t) \cdot i(t) = U_0 \cdot I_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) \Rightarrow \\ p(t) &= \sqrt{2} U_{rms} \cdot \sqrt{2} I_{rms} \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) \end{aligned} \quad (3)$$

Επειδή ισχύει $\eta\mu(\alpha) \cdot \eta\mu(\beta) = \frac{1}{2} [\sin(\alpha - \beta) - \sin(\alpha + \beta)]$ και $\sin(-\alpha) = -\sin(\alpha)$ η εξίσωση (3) μπορεί να γραφτεί και ως εξής:

$$\begin{aligned} p(t) &= 2 \cdot U \cdot I \cdot \frac{1}{2} [\cos(\omega t - \omega t + \varphi) - \cos(\omega t + \omega t - \varphi)] = \\ &= U \cdot I [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi) \end{aligned}$$

Άρα

$$p(t) = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi) \quad (4)$$

Από την εξίσωση (4) προκύπτει ότι η στιγμιαία ισχύς είναι ημιτονοειδής και πάλλεται γύρω από μια μέση τιμή ($U_{rms} I_{rms} \cos \varphi$) με διπλάσια συχνότητα σε σχέση με τη τάση και το ρεύμα (Σχήμα 1α). Η εξίσωση (4) μπορεί να μετασχηματισθεί περαιτέρω λαμβάνοντας υπόψη $\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta$:

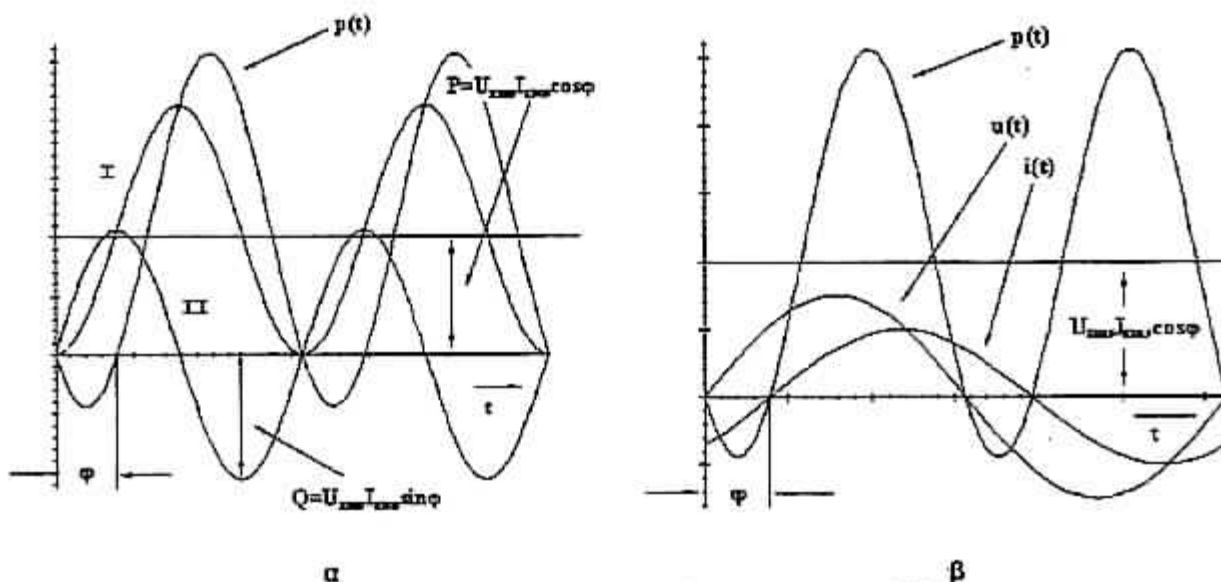
$$\begin{aligned} p(t) &= U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi) = \\ &= U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot [\cos 2\omega t \cdot \cos \varphi + \sin 2\omega t \cdot \sin \varphi] = \\ &= U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \cos 2\omega t - U \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2\omega t \end{aligned}$$

Άρα η στιγμιαία ισχύς γράφεται και ως εξής:

$$p(t) = U \cdot I \cdot \cos\varphi(1 - \cos 2\omega t) - U \cdot I \cdot \sin\varphi \cdot \sin 2\omega t \Rightarrow$$

$$p(t) = P \cdot (1 - \cos 2\omega t) - Q \sin 2\omega t \quad (5)$$

από τη σχέση (5) προκύπτει ότι η ισχύς μπορεί να διαχωριστεί σε δυο συνιστώσες, η πρώτη από τις οποίες είναι πάντα θετική και πάλαιται γύρω από την ίδια μέση τιμή με προηγουμένως, ενώ η δεύτερη έχει μέση τιμή μηδέν (Σχήμα 1β καμπύλες Ι και ΙΙ αντίστοιχα).



α β
Σχήμα 1. Τάση, ρεύμα και ισχύς σε μονοφασικό δίκτυο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η στιγμιαία ισχύς του φορτίου μπορεί να πάρει και θετικές και αρνητικές τιμές. Όταν η ισχύς είναι θετική έχουμε μεταφορά ενέργειας από την πηγή στο φορτίο, ενώ όταν είναι αρνητική έχουμε μεταφορά ενέργειας από το φορτίο στην πηγή. Η μέση τιμή της ισχύος ορίζεται ως ενεργός ισχύς και δηλώνει τη χρήσιμη ισχύ που μεταφέρεται, εξαρτάται δε από το συντελεστή ισχύος $\cos\varphi$. Η μέγιστη τιμή της συνιστώσας της ισχύος που πάλαιται γύρω από το μηδέν ονομάζεται άεργος ισχύς και είναι ανίκανη να παράγει χρήσιμο έργο.

$$\text{Ενεργός Ισχύς: } P = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos\varphi \quad (\text{Watt}) \quad (6)$$

$$\text{Άεργος Ισχύς: } Q = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin\varphi \quad (\text{Var}) \quad (7)$$

Η σχέση (6) αποδεικνύεται και μαθηματικά ως εξής:

$$P = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T p(t) \cdot dt = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} u(t) \cdot i(t) \cdot dt = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} [U \cdot I \cdot \cos\varphi(1 - \cos 2\omega t) - U \cdot I \cdot \sin\varphi \cdot \sin 2\omega t] \cdot dt =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot (1 - \cos 2\omega t) dt - \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} U \cdot I \cdot \sin\varphi \cdot \sin 2\omega t \cdot dt =$$

$$\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} (U \cdot I \cdot \cos\varphi) \cdot dt - \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} (\cos 2\omega t) \cdot dt - U \cdot I \cdot \sin\varphi \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} (\sin 2\omega t) \cdot dt =$$

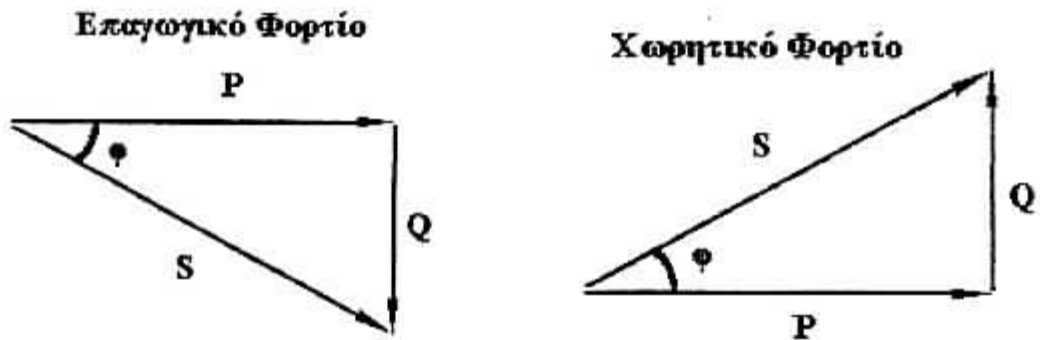
$$U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} dt - 0 - 0 = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Το γινόμενο της ενεργού τιμής του ρεύματος επί την ενεργό τιμή της τάσης ορίζεται ως φαινόμενη ισχύς.

$$\text{Φαινόμενη Ισχύς: } S = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \quad (\text{VA}) \quad (8)$$

1.3 Τρίγωνα Ισχύος

Αν και η ισχύς δεν είναι διανυσματικό μέγεθος, εντούτοις τα τρία μεγέθη ισχύος παριστάνονται συχνά ως διανύσματα, και αυτό γιατί οι σχέσεις που τα συνδέουν προκύπτουν από ένα ορθογώνιο τρίγωνο, το οποίο ονομάζεται τρίγωνο ισχύος.



Σχήμα 2. Τρίγωνα ισχύος για επαγωγικό και χωρητικό φορτίο. Από τα τρίγωνα ισχύος προκύπτουν οι εξής σχέσεις:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

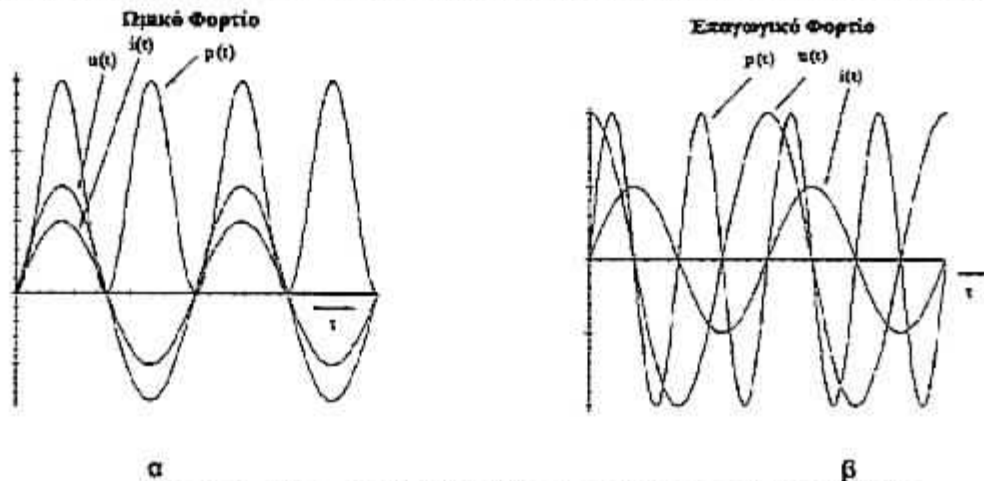
Το $\cos\phi$ ορίζεται ως ο συντελεστής ισχύος του φορτίου και δείχνει πόση από τη φαινόμενη ισχύ μετατρέπεται σε ενεργό. Η γωνία ϕ είναι η διαφορά φάσης ανάμεσα στην τάση και το ρεύμα.

1.4 Ακραίες Περιπτώσεις

Καθαρά ωμικό φορτίο: Σε ένα καθαρά ωμικό φορτίο η τάση και το ρεύμα είναι συμφασικά ($\phi=0$) με αποτέλεσμα η ενεργός ισχύς να ταυτίζεται με την φαινόμενη. Η άεργος ισχύς είναι μηδέν ($Q=0$).

Καθαρά επαγωγικό ή χωρητικό φορτίο: Σε ένα καθαρά επαγωγικό φορτίο η τάση προηγείται του ρεύματος κατά 90 μοίρες ενώ σε ένα καθαρά χωρητικό το ρεύμα προηγείται της τάσης κατά 90 μοίρες. Συνεπώς και στις δυο περιπτώσεις η ενεργός ισχύς είναι μηδέν ($P=0$) και η άεργος ισχύς ταυτίζεται με την φαινόμενη.

Στο σχήμα 3 φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις της τάσης, του ρεύματος και της ισχύος για ωμικό, επαγωγικό φορτίο. Στη πρώτη περίπτωση (ωμικό φορτίο), η ισχύς είναι πάντα θετική και η μέση τιμή της είναι ίση με τη πραγματική ισχύ. Στη δεύτερη περίπτωση η ισχύς έχει μέση τιμή μηδέν (άρα μηδενική ενεργός τιμή). Το πλάτος της ταλάντωσης της ισχύος ισούται με την άεργο ισχύ.



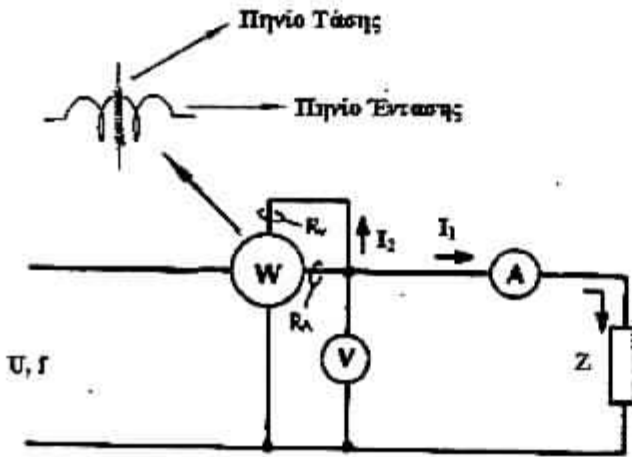
α β
Σχήμα 3. Τάση, ρεύμα και ισχύς για ωμικό και επαγωγικό φορτίο.

2. Μέτρηση Ενεργού Ισχύος (Πραγματικής Ισχύος)

Η μέτρηση της πραγματικής ισχύος γίνεται με όργανα τα οποία καλούνται βαττόμετρα. Τα βαττόμετρα ανήκουν στην κατηγορία των ηλεκτροδυναμικών οργάνων και αποτελούνται από ένα σταθερό μέρος που περιλαμβάνει το Πηνίο Έντασης και ένα κινητό σύστημα το οποίο είναι διατεταγμένο μέσα στο πηνίο έντασης και το οποίο περιλαμβάνει το Πηνίο Τάσης. Το πηνίο τάσης μπορεί να στραφεί σε άξονα που φέρει επαναταπικά ελατήρια και δείκτη. Από το σταθερό πηνίο Π₁ ρέει το ρεύμα του κυκλώματος (γι αυτό καλείται και πηνίο έντασης). Το κινητό πηνίο Π₂ συνδέεται παράλληλα προς την τάση του κυκλώματος (γι αυτό καλείται και πηνίο τάσης).

Η λειτουργία των ηλεκτροδυναμικών οργάνων βασίζεται στην ανάπτυξη ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων μεταξύ του σταθερού και του στρεφόμενου μέρους. Όταν από τα πηνία διέρχεται ρεύμα το πηνίο τάσης τείνει να περιστραφεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ταυτιστούν οι διευθύνσεις των μαγνητικών πεδίων που παράγονται λόγω των ρευμάτων. Στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται η λειτουργία αλλά και η βαθμονόμηση του οργάνου.

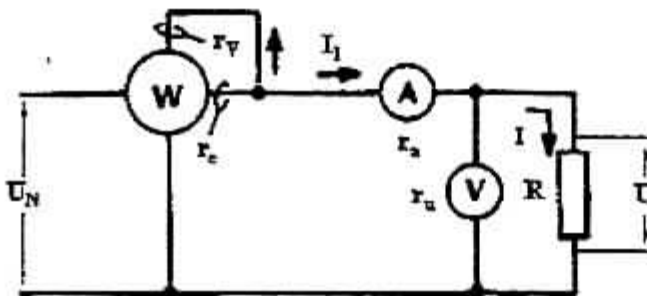
Η υπολογισμός της φαινόμενης ισχύος μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις ενός βολτομέτρου και ενός αμπερομέτρου, $S = U_{rms} I_{rms}$.



Σχήμα 4. Σχηματική αναπαράσταση της σύνδεσης ενός βαττομέτρου σε ένα κύκλωμα.

Υπολογισμός Σφάλματος Συνδεσμολογίας

Στη συνδεσμολογία του σχήματος 5, το βαττόμετρο συνδέεται μαζί με ένα αμπερόμετρο και ένα βολτόμετρο. Το κύκλωμα περιλαμβάνει ένα καθαρά ωμικό φορτίο. Οι εσωτερικές αντιστάσεις των οργάνων του κυκλώματος είναι τα εξής:



- > r_v = αντίσταση πηνίου τάσης
- > r_e = αντίσταση πηνίου έντασης
- > r_u = αντίσταση βολτομέτρου
- > r_a = αντίσταση αμπερομέτρου

Σχήμα 5.

Η ολική ισχύς που μετρά το βαττόμετρο είναι $P = U_N I_1 \cos\phi = U_N I$ (ωμικό φορτίο). Εάν λάβουμε υπόψη τις απώλειες που έχουμε στα όργανα τότε:

$$P = U_N \cdot I = (U + I_1 \cdot r_e + I_1 \cdot r_v) \cdot I_1 = U \cdot I_1 + I_1^2 \cdot r_e + I_1^2 \cdot r_v = U \cdot (I + I_a) + I_1^2 \cdot r_e + I_1^2 \cdot r_v$$

$$P = P_a + P_e + P_R + P_u$$

Όπου:

$P_a = I_1^2 \cdot r_a$: απώλειες της εσωτερικής αντίστασης του αμπερομέτρου.

$P_e = I_1^2 \cdot r_e$: απώλειες του πηνίου έντασης του βαττομέτρου

$P_u = \frac{U^2}{r_u}$: απώλειες της εσωτερικής αντίστασης του βολτομέτρου

Άρα η ισχύς η οποία καταναλώνεται στο φορτίο είναι:

$$P_R = P - P_a - P_e - P_u \Rightarrow P_R = P - I_1^2 r_a - I_1^2 r_e - \frac{U^2}{r_u} \quad (9)$$

3. Μέτρηση Άεργου Ισχύος

Η μέτρηση της άεργης ισχύος μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Άμεσα με τη χρήση Βαρμέτρου (όργανο Var).
- Με χρήση βολτομέτρου – αμπερομέτρου – βαττομέτρου.
- Με τη χρήση τριών αμπερομέτρων (μέθοδος των τριών αμπερομέτρων).
- Με τη χρήση τριών βολτομέτρων (μέθοδος των τριών βολτομέτρων).

A) Βάρμετρο (Μετρητής Άεργου Ισχύος)

Ο άμεσος τρόπος μέτρησης της άεργης ισχύος πραγματοποιείται με τη χρησιμοποίηση του βάρμετρου. Τα βάρμετρα είναι ηλεκτροδυναμικά όργανα και μοιάζουν με τα βαττόμετρα, με τη διαφορά πως η κατασκευή τους είναι τέτοια ώστε, το πηνίο τάσης τους να τροφοδοτείται με τάση ίση με του δικτύου αλλά σε φασική απόκλιση (επιπορεία) 90° . Άρα θα έχουμε:

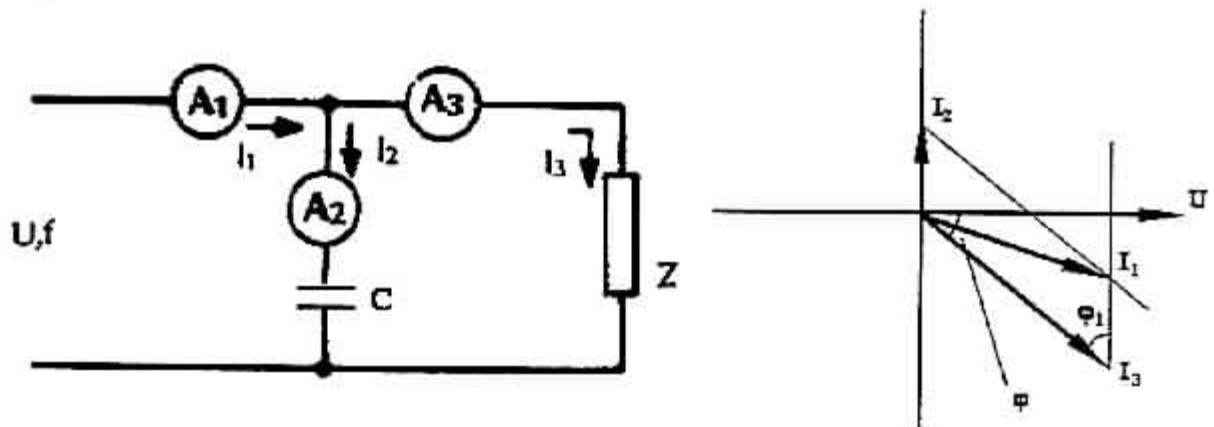
$$Q = U I \cos(90-\varphi) \Rightarrow Q = U I \sin\varphi$$

B) Βολτόμετρο – Αμπερόμετρο – Βαττόμετρο

Ο έμμεσος αυτός τρόπος για τη μέτρηση της άεργης ισχύος συνίσταται:

- Στη μέτρηση της ενεργού ισχύος με το βαττόμετρο.
- Στον υπολογισμό της φαινόμενης ισχύος με τη βοήθεια των ενδείξεων βολτομέτρου και αμπερομέτρου.
- Στην εφαρμογή της σχέσης $S^2 = P^2 + Q^2$ όπως προκύπτει από το τρίγωνο ισχύος.

Γ) Μέθοδος τριών Αμπερομέτρων



Σχήμα 6. Μέθοδος τριών αμπερομέτρων

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται τρία αμπερόμετρα και ένας πυκνωτής γνωστής χωρητικότητας C . Ζητούμενο είναι ο υπολογισμός της άεργης ισχύος του φορτίου Z . Από το διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων και χρησιμοποιώντας το νόμο των συννημιτόνων προκύπτει ότι:

$$I_1^2 = I_2^2 + I_3^2 - 2 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot \cos \phi_1 \Rightarrow 2 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot \cos \phi_1 = I_2^2 + I_3^2 - I_1^2$$

ισχύει: $I_2 = \frac{U}{X_C} = \omega C U$

$$2\omega C \cdot U \cdot I_3 \cos \phi_1 = I_2^2 + I_3^2 - I_1^2 \Rightarrow U \cdot I_3 \cos(90 - \phi_1) = \frac{(I_2^2 + I_3^2 - I_1^2)}{2\omega C} \Rightarrow$$

$$U \cdot I_3 \sin \phi = \frac{(I_2^2 + I_3^2 - I_1^2)}{2\omega C}$$

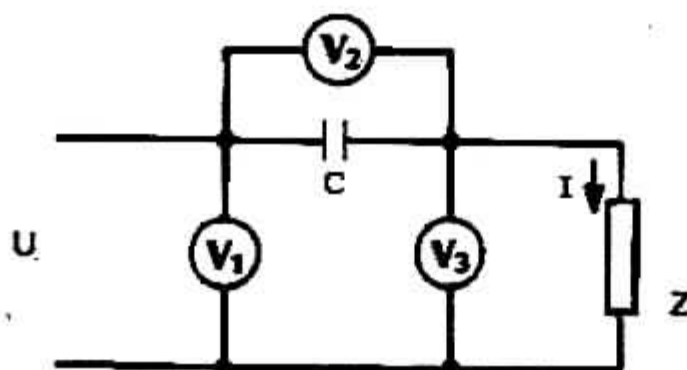
Άρα με τη μέθοδο των τριών αμπερομέτρων η άεργος ισχύς του φορτίου δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{I_2^2 + I_3^2 - I_1^2}{2\omega C} \quad (10)$$

Δ) Μέθοδος τριών Βολτομέτρων

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε τρία βολτόμετρα και ένα πυκνωτή γνωστής χωρητικότητας συνδεδεμένο σε σειρά με το φορτίο του οποίου θέλουμε να υπολογίσουμε την άεργο ισχύ.

Σχήμα 7. Μέθοδος των τριών βολτομέτρων



Ακολουθώντας την διαδικασία που ακολουθήσαμε και στη μέθοδο των τριών αμπερομέτρων προκύπτει ότι η άεργος ισχύς του φορτίου Z δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{\omega C}{2} (U_2^2 + U_3^2 - U_1^2) \quad (11)$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Να καταγραφούν και να εξηγηθούν τα σύμβολα που φαίνονται στις κλίμακες μέτρησης του βαττομέτρου και του βολτομέτρου.

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ	
ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ	

2. Να μετρηθούν με ωμόμετρο οι ωμικές αντιστάσεις των πηνίων τάσεως και εντάσεως του βαττομέτρου, του βολτομέτρου και του αμπερομέτρου.

ΟΡΓΑΝΟ	<i>ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ ΤΑΣΗΣ</i>	<i>ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ ΕΝΤΑΣΗΣ</i>
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ		
ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ		
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ		

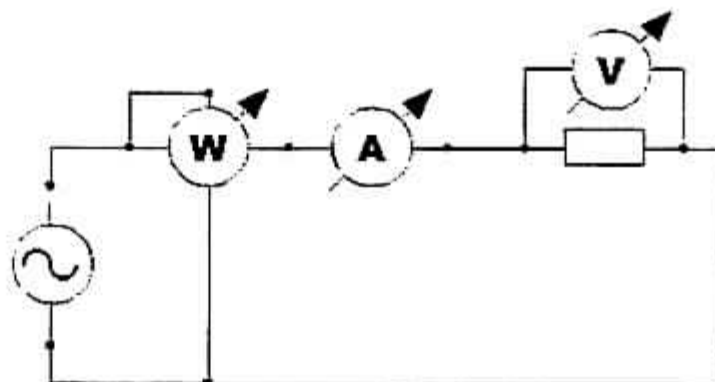
3. **ΠΕΙΡ. ΒΗΜΑ 1 :** Να συνδέσετε ωμικό φορτίο στην πηγή και τα όργανα μέτρησης (βαττόμετρο, αμπερόμετρο, βολτόμετρο) όπως στο σχήμα 1. Να μετρήσετε την πραγματική ισχύ, την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον καταναλωτή και την τάση στα άκρα του. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων να γραφούν στην αντίστοιχη γραμμή του πίνακα 1.
4. **ΠΕΙΡ. ΒΗΜΑ 2 :** Να επαναληφθεί το βήμα 1, αλλά για επαγωγικό φορτίο, όπως στο σχήμα 2. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων να γραφούν στην αντίστοιχη γραμμή του πίνακα 1.
5. **ΠΕΙΡ. ΒΗΜΑ 3 :** Να επαναληφθεί το βήμα 1, αλλά για χωρητικό φορτίο, όπως στο σχήμα 3. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων να γραφούν στην αντίστοιχη γραμμή του πίνακα 1.
6. Για όλα τα παραπάνω βήματα να υπολογίσετε την φαινόμενη ισχύ, την άεργο ισχύ, το $\cos\phi$, και την γωνία ϕ (σε μοίρες). Οι υπολογισμοί αυτοί θα γίνουν αναλυτικά στην εργασία σας για κάθε περίπτωση και μετά θα συμπληρώσετε τον πίνακα 1.
7. Για κάθε μια από τις παραπάνω τρεις περιπτώσεις να σχεδιάσετε το τρίγωνο ισχύος σε κατάλληλη κλίμακα.
8. Από τις μετρήσεις που πήρατε για το βήμα 3 (ωμικό φορτίο) και με βάση τις εσωτερικές αντιστάσεις των οργάνων που πήρατε στο βήμα 2, να υπολογίσετε αναλυτικά την πραγματική ισχύ που καταναλώνει η αντίσταση και το σχετικό σφάλμα της μέτρησης που κάναμε.
9. Καταγράψτε στον πίνακα 2 στις αντίστοιχες στήλες την κλάση και την μέγιστη κλίμακα του βολτομέτρου και βαττομέτρου που χρησιμοποιήσατε στις μετρήσεις σας. Μεταφέρετε επίσης τις μετρήσεις κάθε οργάνου και για τα βήματα 1,2,3 στον ίδιο πίνακα. Υπολογίστε αναλυτικά το μέγιστο απόλυτο σφάλμα και το σχετικό σφάλμα κάθε μέτρησης και συμπληρώστε τις αντίστοιχες στήλες του πίνακα 2.

ΒΗΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΠΡΑΓΜ ΙΣΧΥΣ (W)	ΤΑΣΗ (V)	ΡΕΥΜΑ (A)	ΦΑΙΝΟΜ ΙΣΧΥΣ (VA)	ΑΕΡΤΗ ΙΣΧΥΣ (Var)	Σ.Ι. $\cos\varphi$	ΓΩΝΙΑ φ°
1	ΩΜΙΚΟ							
2	ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ							
3	ΧΩΡΗΤΙΚΟ							

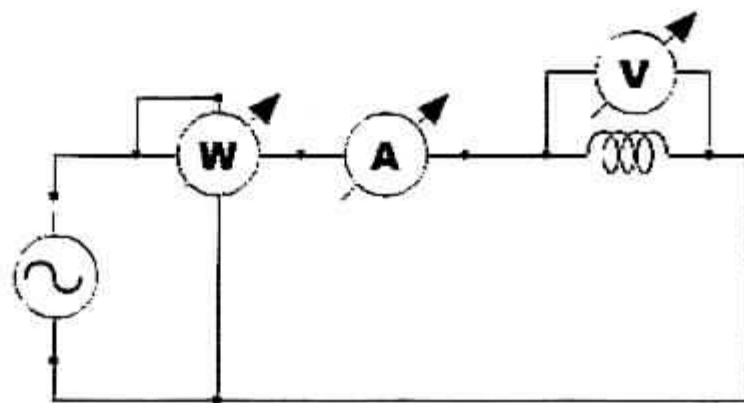
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΒΗΜΑ	ΕΛΑΣΗ ΒΑΤΤΟΜ	ΜΕΓΙΣΤ ΕΛΙΜΑΞ ΒΑΤΤΟΜ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΑΤΤΟΜ	ΑΠΟΛ ΣΦΑΛ	ΣΧΕΤ ΣΦΑΛ	ΕΛΑΣΗ ΒΟΛΤΟΜ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΛΙΜΑΚΑ ΒΟΛΤΟΜ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΟΛΤΟΜ	ΑΠΟΛ ΣΦΑΛ	ΣΧΕΤ ΣΦΑΛ
1										
2										
3										

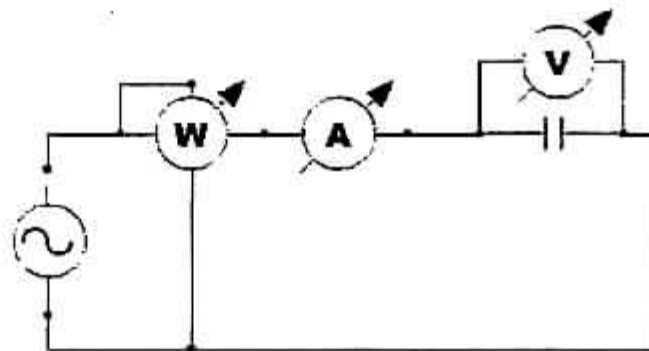
ΠΙΝΑΚΑΣ 2



ΣΧΗΜΑ 1



ΣΧΗΜΑ 2



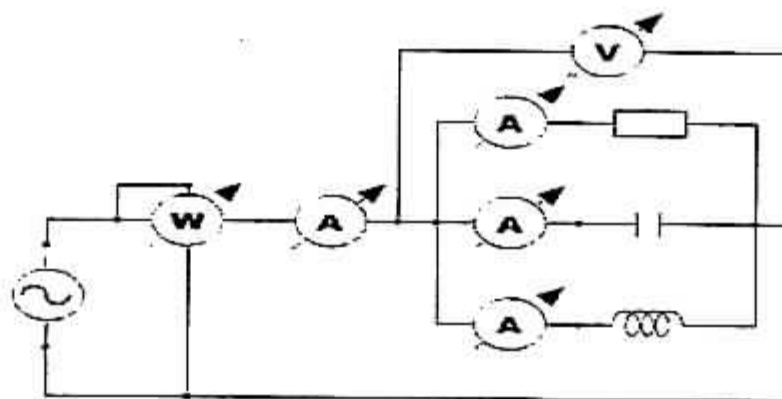
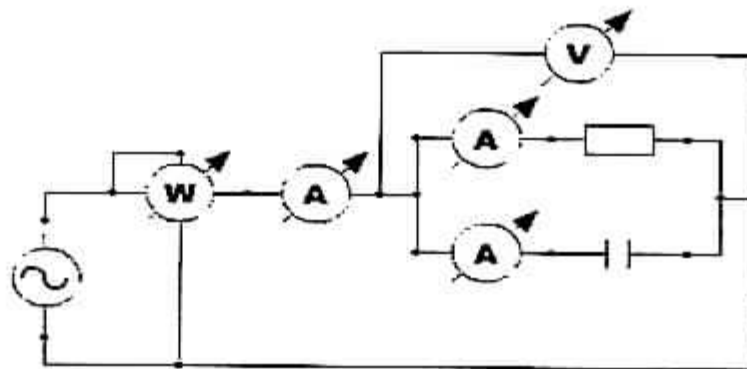
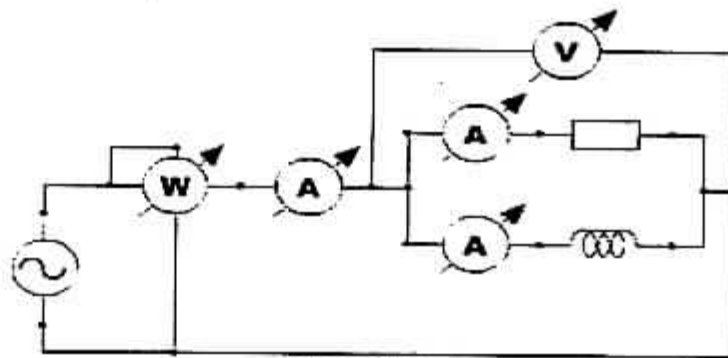
ΣΧΗΜΑ 3

ΑΣΚΗΣΗ 4^η :

ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Να συνδέσετε παράλληλα ωμικό και επαγωγικό φορτίο καθώς και τα όργανα μέτρησης, όπως φαίνονται στο σχήμα 1. Να μετρήσετε την πραγματική ισχύ, το συνολικό ρεύμα, το ρεύμα στην αντίσταση, καθώς και το ρεύμα στο επαγωγικό φορτίο. Οι ενδείξεις να γραφτούν στον πίνακα 1 (βήμα 1).
2. Να συνδέσετε παράλληλα ωμικό και χωρητικό φορτίο καθώς και τα όργανα μέτρησης, όπως φαίνονται στο σχήμα 2. Να μετρήσετε την πραγματική ισχύ, το συνολικό ρεύμα, το ρεύμα στην αντίσταση, καθώς και το ρεύμα στο χωρητικό φορτίο. Οι ενδείξεις να γραφτούν στον πίνακα 1 (βήμα 2).
3. Να συνδέσετε παράλληλα ωμικό, επαγωγικό, χωρητικό φορτίο καθώς και τα όργανα μέτρησης, όπως φαίνονται στο σχήμα 3. Να μετρήσετε την πραγματική ισχύ, το συνολικό ρεύμα, το ρεύμα στην αντίσταση, το ρεύμα στο επαγωγικό φορτίο καθώς και το ρεύμα στο χωρητικό φορτίο. Οι ενδείξεις να γραφτούν στον πίνακα 1 (βήμα 3).
4. Καταγράψτε στον πίνακα 2 στις αντίστοιχες στήλες την κλάση και την μέγιστη κλίμακα του βολτομέτρου και βαττομέτρου που χρησιμοποιήσατε στις μετρήσεις σας. Μεταφέρετε επίσης τις μετρήσεις κάθε οργάνου και για τα βήματα 1,2,3 στον ίδιο πίνακα.
5. Για όλα τα βήματα, να υπολογίσετε την φαινόμενη ισχύ (S), την άεργο ισχύ (Q), τον συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$) και την διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και συνολικού ρεύματος (γωνία ϕ) και να συμπληρώσετε τον πίνακα 1.
6. Σε κάθε περίπτωση να σχεδιάσετε το τρίγωνο ισχύος με κατάλληλη κλίμακα.
7. Υπολογίστε αναλυτικά το μέγιστο απόλυτο σφάλμα και το σχετικό σφάλμα κάθε μέτρησης (για το βολτόμετρο και το βαττόμετρο) για όλα τα βήματα και συμπληρώστε τις αντίστοιχες στήλες του πίνακα 2
8. Ποια είναι η συμπεριφορά του συνολικού σας φορτίου γενικά στο βήμα 3 και γιατί;



ΒΗΜΑ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΠΡΑΓΜ ΓΥΧΥΣ (W)	ΤΑΣΗ (V)	ΡΕΥΜΑ (A)	I _R (A)	I _L (A)	I _C (A)	ΦΑΙΝΟΜ ΓΥΧΥΣ (VA)	ΑΕΡΓΗ ΓΥΧΥΣ (Var)	ΣΙ cosφ	ΓΩΝ φ°
1	ΩΜΙΚΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ						X				
2	ΩΜΙΚΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΧΩΡΗΤΙΚΟ					X					
3	ΩΜΙΚΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΕΠΑΓΩΓ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΜΕ ΧΩΡΗΤΙΚ										

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΒΗΜΑ	ΚΛΑΣΗ ΒΑΤΤΟΜ	ΜΕΓΙΣΤ ΚΑΙΜΑΚ ΒΑΤΤΟΜ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΑΤΤΟΜ	ΑΠΟΛ ΣΦΑΛ	ΣΥΧΕΤ ΣΦΑΛ	ΚΛΑΣΗ ΒΟΛΤΟΜ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΙΜΑΚΑ ΒΟΛΤΟΜ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΟΛΤΟΜ	ΑΠΟΛ ΣΦΑΛ	ΣΥΧΕΤ ΣΦΑΛ
1										
2										
3										

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΑΣΚΗΣΗ 5^H :

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (COSΦ) ΣΕ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

Α.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Προκειμένου να τροφοδοτήσουμε άεργο ισχύ στα φορτία, μεταφέρουμε άεργο ρεύμα μέσω των γραμμών με αποτελέσματα αφ' ενός το συνολικό ρεύμα στις γραμμές να πλησιάζει την ονομαστική τιμή (οπότε δεν υπάρχει περιθώριο μεταφοράς μεγαλύτερων ποσών ισχύος), αφ' ετέρου οι απώλειες μεγιστοποιούνται αφού εξαρτώνται από το συνολικό ρεύμα (συνολικό ρεύμα εννοούμε την συνισταμένη ενεργού και άεργου συνιστώσας του ρεύματος) και που είναι ίσες με $I^2 \cdot R$.

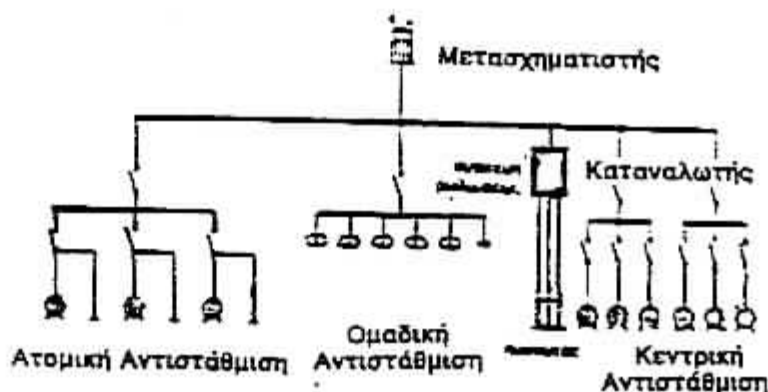
Με τη αντιστάθμιση της άεργου ισχύος μηδενίζουμε ή ελαχιστοποιούμε την άεργο συνιστώσα του ρεύματος και άρα ελαττώνεται το συνολικό ρεύμα που μεταφέρεται μέσω της γραμμής, οπότε αφ' ενός υπάρχει περιθώριο για μεταφορά και άλλης πραγματικής ισχύος μέσω των ίδιων γραμμών, αφ' ετέρου ελαχιστοποιούνται οι απώλειες μεταφοράς.

Για τους λόγους αυτούς η ΔΕΗ επιβάλλει στους μέσους και μεγάλους καταναλωτές όπως το cosφ της κατανάλωσης να είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 0.85.

Συνημίτονο μικρότερο του 0,85 συνεπάγεται επιβάρυνση της ΔΕΗ για τους παραπάνω λόγους άρα και κόστος το οποίο χρεώνεται στους καταναλωτές παρ' όλο, ότι για τη "παραγωγή" της άεργου ισχύος δέν έχει δαπανηθεί κανένα ποσόν ενέργειας.

Η διαδικασία της βελτίωσης του cosφ σε μια εγκατάσταση καλείται **αντιστάθμιση**.

Η αντιστάθμιση μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους όπως ακριβώς φαίνεται στο σχήμα 1.



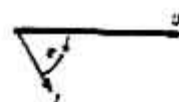
ΣΧΗΜΑ 1

Στη περίπτωση που ο καταναλωτής μας έχει συνολικά :

α) ωμική συμπεριφορά



β) επαγωγική συμπεριφορά



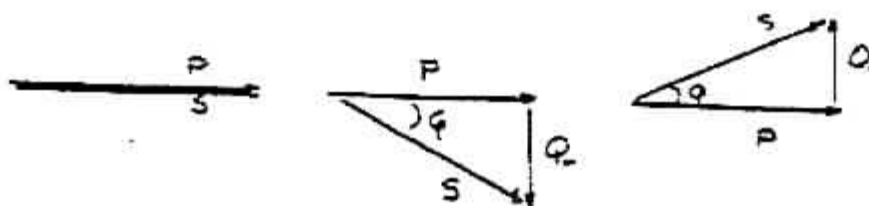
γ) χωρητική συμπεριφορά



Τα αντίστοιχα διαγράμματα των I και U φαίνονται στο ΣΧ. 2.

ΣΧ. 2

Τα αντίστοιχα διαγράμματα των ισχύων (τρίγωνα) είναι :



ΣΧ. 3

Επειδή στο συνολό τους σχεδόν οι καταναλώσεις έχουν επαγωγική συμπεριφορά, η βελτίωση του $\cos\phi$ περιορίζεται στη Β περίπτωση (μπορεί να γίνει το αντίθετο).

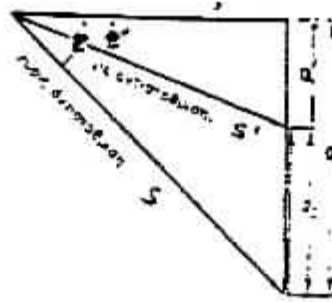
Τό δε πεδίο τιμών του συντελεστή ισχύος είναι :

$$\cos\phi = 1 \text{ (μόνο ενεργός ισχύς, δηλαδή } \phi=0^\circ)$$

$$\cos\phi = 0 \text{ (μόνο άεργος ισχύς, δηλαδή } \phi = \pm 90^\circ)$$

Ο ευκολότερος τρόπος για τον περιορισμό της "καταναλωτής" της άεργου ισχύος (επαγωγικής), είναι η παράλληλη σύνδεση χωρητικοτήτων (πυκνωτών) η συμπεριφορά των οποίων είναι αντίθετη από τη συμπεριφορά των επαγωγικών καταναλωτών όπως ακριβώς προαναφέρθηκε.

Η επαγωγική άεργος ισχύς που απορροφάται από το δίκτυο με την αντιστάθμιση παράγεται επί τόπου από τους πυκνωτές και άρα δεν μεταφέρεται άεργος ισχύς μέσω των γραμμών του δικτύου. Έτσι υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς περισσότερης ενεργού ισχύος. Το τρίγωνο ισχύος σε συγκεκριμένο καταναλωτή πριν και μετά την αντιστάθμιση έχει τη μορφή του σχήματος 4.



ΣΧ. 4

Το πρόβλημα τώρα ανάγεται στον υπολογισμό της Q_c και στη συνέχεια του C .

- | | |
|---|---|
| S = αρχική φαινόμενη | S' = τελική φαινόμενη |
| P = αρχική πραγματική | P' = τελική πραγματική |
| Q = αρχική άεργος | Q' = τελική άεργος |
| $\text{COS}\varphi$ = αρχικός συντ. ισχύος | $\text{COS}'\varphi$ = τελικός συντ. ισχύος |
| $P = P'$ αφού οι πυκνωτές δεν απορροφούν πραγματική ισχύ. | |

$$Q = P \tan\varphi$$

$$Q' = P' \tan'\varphi = P \tan'\varphi$$

$$Q_c = Q - Q' = P (\tan\varphi - \tan'\varphi)$$

π.χ. $S = 2000 \text{ VA}$
 $P = 1200 \text{ Watt}$
 $Q = 1600 \text{ Var}$
 $\text{Cos}\varphi = 0,6$

Να γίνει διόρθωση στο $\text{Cos}'\varphi = 0,9$

$$Q = P \tan\varphi = 1200 \cdot 0,484 = 581,186 \text{ Var}$$

$$\tan\varphi = 1,33$$

$$Q_c = Q - Q' = P (\tan\varphi - \tan'\varphi) = 1200 \cdot (1,33 - 0,484) = 1018,8 \text{ Var}$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f U^2}$$

ΜΕΤΡΗΣΗ $\cos\phi$

Η μέτρηση του $\cos\phi$ γίνεται με ένα όργανο διασταυρωμένων πηνίων.

Βασικά Χαρακτηριστικά :

- α . Τάση λειτουργίας.
- β . Μέγιστη ένταση.
- γ . Κλάση οργάνου.
- δ . Θέση λειτουργίας.

Αποτελείται από δύο ακίνητα πηνία εντάσεως Π_1 και Π_2 όπως ακριβώς φαίνονται στο σχήμα 6 και από κινητό σύστημα από δυο διασταυρωμένα πηνία τάσεως 1 και 2 που έχουν τον ίδιο αριθμόν σπειρών. Στο πηνίο 1 είναι συνδεδεμένη στη σειρά αυτεπαγωγή L ενώ στο 2 ωμική αντιστάση R . Οι τιμές των L , R είναι τέτοιες ώστε με ονομαστική συχνότητα του δικτύου τα ρεύματα I_1 και I_2 να είναι ίσα και να διαφέρουν κατά 90° περίπου.

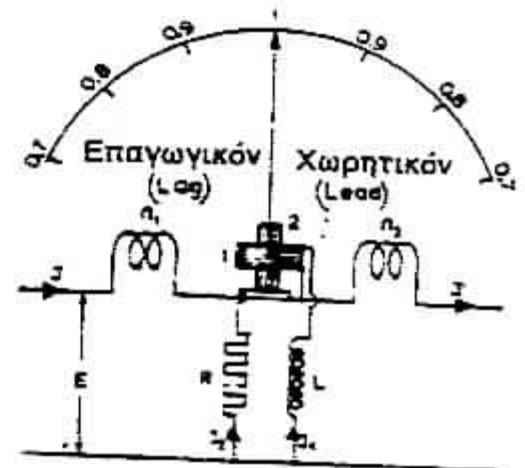
Όταν η φασική απόκλιση μεταξύ της U και του J είναι μηδέν, το ρεύμα I_2 του πηνίου 2 θα είναι εν φάσει με το ρεύμα J των πηνίων εντάσεως γιατί το I_2 είναι και αυτό εν φάσει με τη τάση.

Λόγω της αυτεπαγωγής L , το ρεύμα I_1 του πηνίου 1 θα υστερεί ως προς την τάση U και ως προς το I_2 , κατά 90° .

Θα εξασκείται επι μιν του πηνίου 2 ροπή που θα τείνει να το καταστήσει κάθετο στο μαγνητικό πεδίο των πηνίων Π_1 και Π_2 στο δε πηνίο 1 μηδενική ροπή. Ο δείκτης θα λάβει κατακόρυφη θέση.

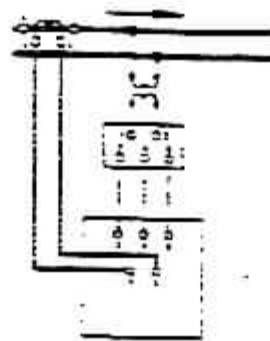
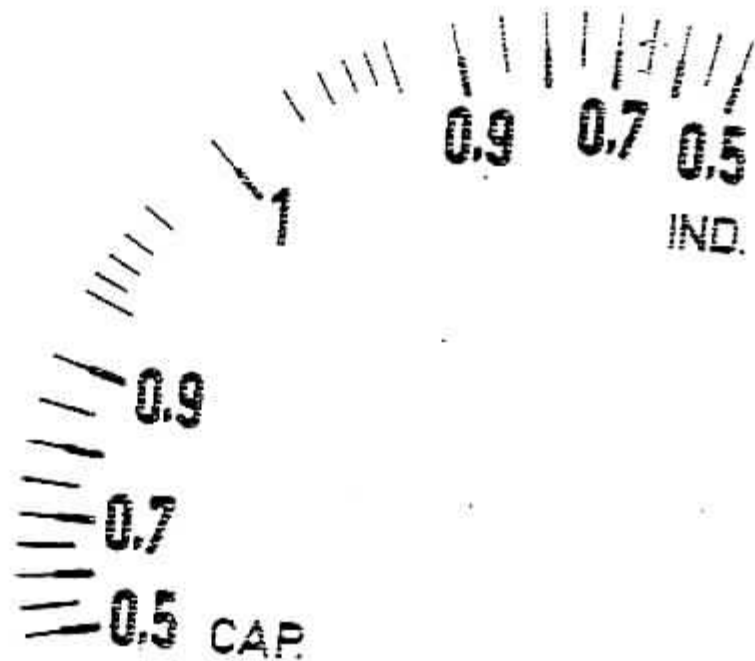
Όταν αντίθετα η φασική απόκλιση μεταξύ U και I είναι 90° επι μιν του πηνίου 2 θα εξασκείται μηδενική ροπή, επι δε του πηνίου 1 ροπή που θα τείνει να το καταστεί κάθετο προς το μαγνητικό πεδίο των πηνίων Π_1 & Π_2 . Αν δε η απόκλιση των 90° αντιστοιχεί σε χωρητικό φορτίο, ο δείκτης θα λάβει οριζόντια θέση, με κατεύθυνση έστω προς τα δεξιά. Ο δείκτης θα λάβει αντίθετη θέση, όταν το φορτίο είναι επαγωγικό και εμφανίζει αντίθετη φασική απόκλιση 90° .

Όταν ο δείκτης λαμβάνει ενδιάμεσες τιμές τότε η ϕ θα έχει κάποια ενδιάμεση τιμή. Μεταβολή στην τάση στο δίκτυο δεν επηρεάζει την θέση του δείκτη, ενώ αντίθετα

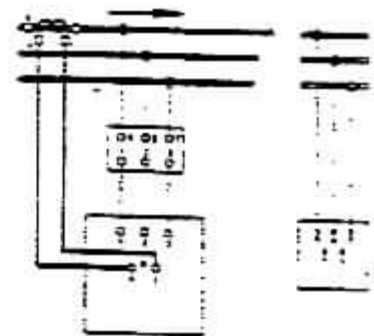


Σχήμα 6

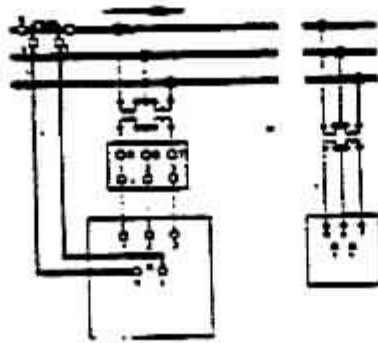
μεταβολές της συχνότητας προκαλούν σφάλματα. Έμμεση μέτρηση του συνφ μπορεί να γίνει με την μέθοδο των τριών αμπερομέτρων και των τριών βολτομέτρων.



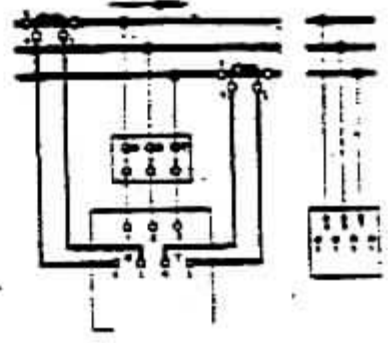
Συνδεσμολογία
Μονοφασικό με Μ/Σ
τάσης και έντασης



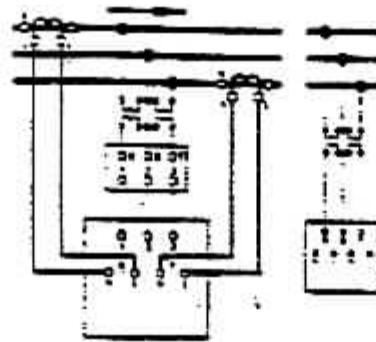
Συνδεσμολογία σε
συμμετρικό φορτίο
τρεις φάσεις με
Μ/Σ έντασης



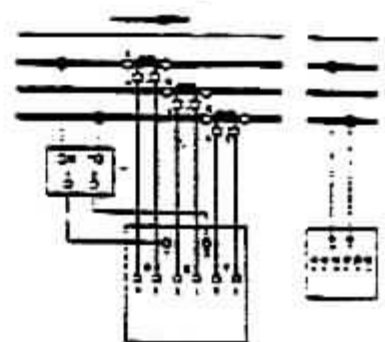
**Συνδεσμολογία σε
συμμετρικό φορτίο
τρεις φάσεις με Μ/Σ
τάσης και έντασης.**



**Συνδεσμολογία σε
ασύμμετρο φορτίο
τρεις φάσεις με
Μ/Σ έντασης**



**Συνδεσμολογία σε
ασύμμετρο φορτίο
τρεις φάσεις με Μ/Σ
τάσης και έντασης.**



**Συνδεσμολογία
Ασύμμετρο φορτίο
Τρεις φάσεις (4 γραμμές)
με Μ/Σ έντασης.**

Απαιτούμενη άεργος ισχύς για την διόρθωση :

$$Q_c = Q - Q' = P \tan \varphi - P \tan \varphi' = P(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

Υπολογισμός χωρητικότητας :

$$Q_c = I_c^2 X_c = \frac{U^2}{X_c} = \frac{U^2}{\frac{1}{C\omega}} = U^2 C \omega = U^2 C 2\pi f = 314 U^2 C$$

$$C = \frac{Q_c}{314 U^2}$$

Για δίκτυο 230/400 V

$$C = \frac{Q_c}{314 \cdot 230^2} = 6 \cdot 10^{-8} Q_c$$

[F] [Var]

$$C = 0,06 \cdot Q_c$$

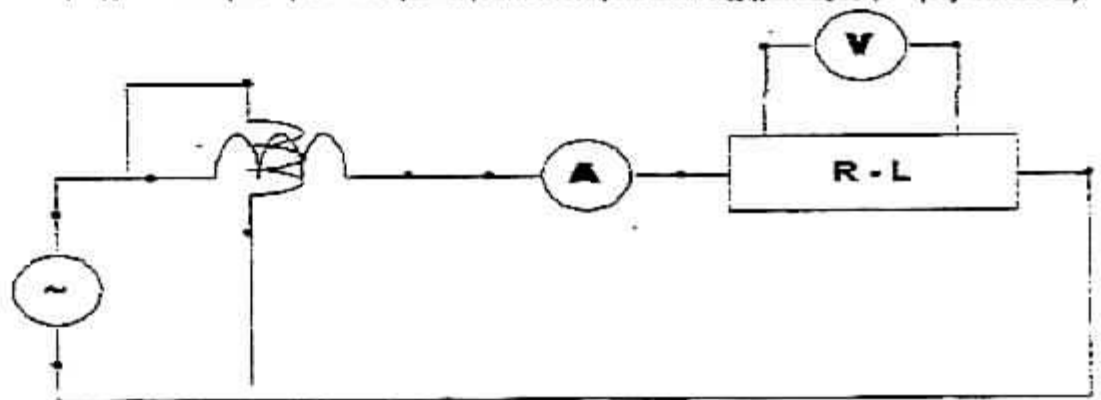
[μF] [Var]

Όπου :

$$Q_c = P(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

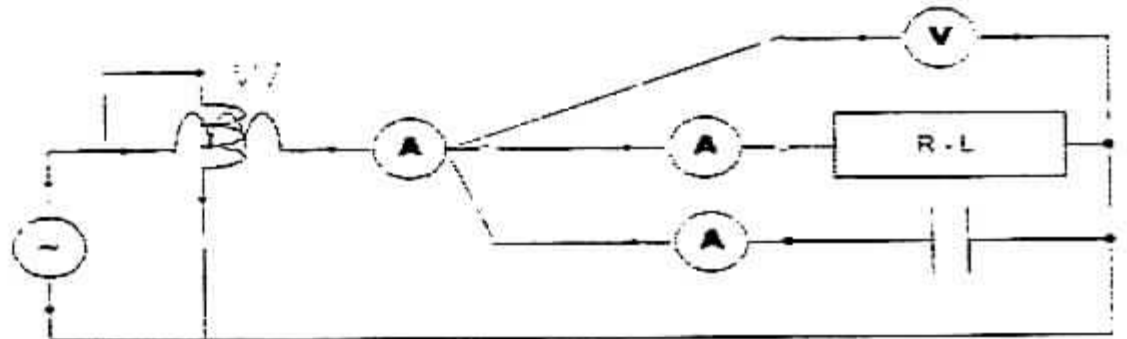
Β. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Να πραγματοποιηθεί η συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος 1 (4^ο φορτίο R-L)



Σχήμα 1

2. Μετρήστε την ολική ισχύ P , το ολικό ρεύμα I , και την τάση V . Συμπληρώστε τον πίνακα 1 στην κατάλληλη γραμμή με τις μετρήσεις σας.
3. Υπολογίστε αναλυτικά με βάση τις παραπάνω μετρήσεις, την φαινόμενη ισχύ S , την άεργο ισχύ Q , τον συντελεστή ισχύος $\cos\phi$ και την γωνία ϕ . Σχεδιάστε το τρίγωνο ισχύος σε κατάλληλη κλίμακα (το φορτίο έχει επαγωγική συμπεριφορά).
4. Συνδέστε παράλληλα στο φορτίο R-L, πυκνωτή C (5^ο φορτίο) όπως στην συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος 2.



Σχήμα 2

5. Μετρήστε την ολική ισχύ P , το ολικό ρεύμα I , το ρεύμα φορτίου I_0 , το ρεύμα στον πυκνωτή I_C και την τάση V . Συμπληρώστε τον πίνακα 1 στην κατάλληλη γραμμή με τις μετρήσεις σας.
6. Υπολογίστε αναλυτικά με βάση τις παραπάνω μετρήσεις, την φαινόμενη ισχύ S' , την άεργο ισχύ Q' , τον συντελεστή ισχύος $\cos\phi'$ και την γωνία ϕ' .
7. Σημειώστε τα μεγέθη του βήματος 6 στο τρίγωνο ισχύος που πραγματοποιήσατε στο βήμα 3.
8. Υπολογίστε την χωρητικότητα του πυκνωτή που συνδέσατε παράλληλα στο φορτίο.
9. Με γνωστή την ωμική αντίσταση του καταναλωτή από την 3^η άσκηση, υπολογίστε την πραγματική ισχύ και το $\cos\phi$ του καταναλωτή (όπως στο βήμα 3) σύμφωνα με την μέθοδο των 3 αμπερομέτρων. Δικαιολογήστε την διαφορά.

ΣΥΝΔΕΣΜ /ΕΙΔΟΣ	ΙΣΧΥΣ P(W)	ΤΑΣΗ V (VOLT)	ΟΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ I _{ολ} (A)	ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΟΥ I _{φρ} (A)	ΡΕΥΜΑ ΠΥΚΝ. I _c (A)	ΦΑΙΝ. ΙΣΧΥΣ S (VA)	ΑΕΡΙΘ ΙΣΧΥΣ Q (Var)	ΣΥΝΤ. ΙΣΧΥΟΣ COS Φ	ΓΩΝΙΑ Φ σε °
1 ^Η (RL)					X				
2 ^Η (RL+C)									

ΠΙΝΑΚΑΣ 1Γ. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Για ποιο λόγο δεν συμφέρει διόρθωση του $\cos\phi$ σε τιμές μεγαλύτερες του 0.95;
2. Πως θα δικαιολογήσετε αν το όργανο μέτρησης του συντελεστή ισχύος έχει λανθασμένη σύνδεση του πηνίου έντασης;
3. Με γνωστά τα P, Q, $\cos\phi$, φ από τα παραπάνω βήματα 2 και 3, υπολογίστε την χωρητικότητα του πυκνωτή τον οποίο θα χρειαζόμασταν για να κάνουμε διόρθωση του $\cos\phi$ σε τιμή $\cos\phi' = 0,92$.
4. Πως θα σχεδιάσετε μετρητή συντελεστή ισχύος $\cos\phi$ μέσω Μ/Σ έντασης; Σχεδιάστε κατάλληλη συνδεσμολογία.

ΑΣΚΗΣΗ 6^Η :

ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι μετρητές αυτοί εξυπηρετούν την ηλεκτρική εταιρεία στην μέτρηση και έκδοση του λογαριασμού της κατανάλωσης ενέργειας.

Είναι βασικό ότι η ένδειξη του μετρητή πρέπει να αντιπροσωπεύει την αληθινή τιμή της ενέργειας που παρέχεται στον καταναλωτή με τη μικρότερη δυνατή απόκλιση. Δίνεται μεγάλη προσοχή στον εντοπισμό πρώτα των παραγόντων που μπορούν να προκαλέσουν μετρητικά σφάλματα στην διόρθωσή τους.

Σε πολλές χώρες οι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την έκδοση λογαριασμών ρεύματος, πρέπει να τηρούν ορισμένες αυστηρές προδιαγραφές και να συμμορφώνονται προς τη νομοθεσία που ισχύει όταν τα επιτρεπτά όρια σφαλμάτων βασίζονται στους κανονισμούς της IEC (Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής).

Οι ηλεκτρικοί μετρητές μετρούν το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται μέσα σε ένα χρονικό διάστημα λειτουργίας του καταναλωτή. Επειδή η ένδειξη δίνεται αθροιστικά για να βρούμε πόση ενέργεια καταναλώθηκε στο διάστημα $\Delta t = t_2 - t_1$ λειτουργίας του καταναλωτή, πρέπει να αφαιρούμε την ένδειξη που είχε τη χρονική στιγμή t_1 από την ένδειξη που έχει το όργανο την χρονική στιγμή t_2 .

2.1 Κατηγορίες Μετρητών Ηλεκτρικής Ενέργειας

Υπάρχουν δυο κατηγορίες μετρητών :

- **Μετρητές συνεχούς**, που τούς διακρίνουμε :

I. Βαττομετρικούς

II. Αμπερομετρικούς.

Αυτοί μετρούν την Ηλ. ενέργεια λαμβάνοντας υπόψην μόνο μεταβολές της έντασης (φορτίο) ή δε τάση θεωρείται σταθερή,

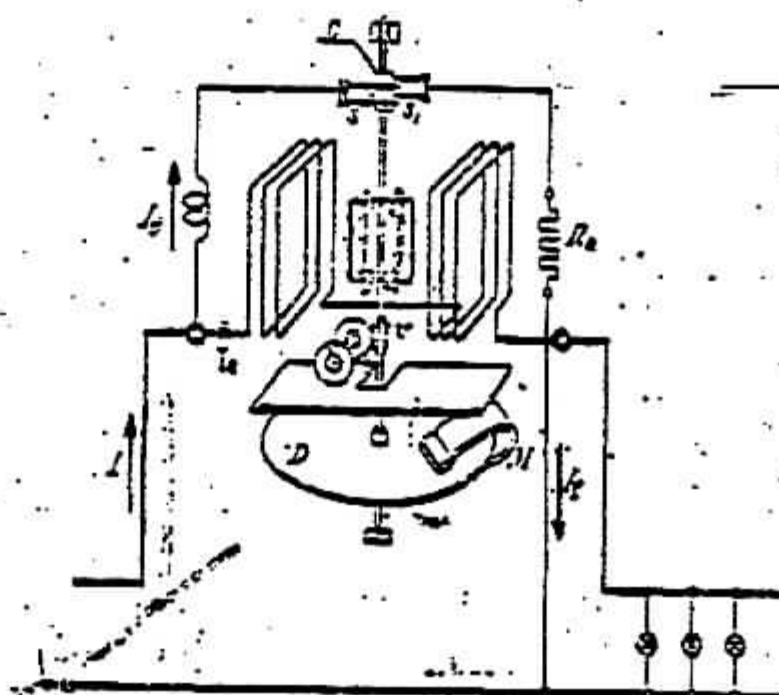
δηλαδή : $W = C \cdot I \cdot t$ όπου C= σταθερά

- **Μετρητές εναλλασσομένου ρεύματος**

2.2 Αρχές λειτουργίας Μετρητών Συνεχούς Ρεύματος.

α) Βαττομετρικοί Μετρητές.

Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ίδια με την αρχή λειτουργίας του κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος. Κατασκευαστικά μοιάζουν με τα ηλεκτροδυναμικά όργανα.



Σχηματική παράσταση Βαττομετρικού μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας Συνεχούς Ρεύματος

Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται όταν το "πηνίο έντασης" που έχει λίγες σπείρες χοντρού σύρματος, διαρέεται από το ρεύμα του καταναλωτή. Μέσα σ' αυτό το πεδίο βρίσκεται το πηνίο τάσης που έχει πολλές σπείρες λεπτού σύρματος. Αυτό δέχεται τη τάση του δικτύου, μέσω του συλλέκτη C και των ψηκτρών S, S₁. Πάνω σε κάθε αγωγό του πηνίου τάσης θα εφαρμόζεται ροπή M_x όπου :

$$M_x = C_1 \cdot I_e \cdot I_t = C_2 \cdot I_e \cdot U = C_2 \cdot P$$

όπου $P = M$ ισχύς της κατανάλωσης
 C_1, C_2 είναι σταθερές

το κινητό πηνίο τάσης με το δίσκο θα αρχίσει να περιστρέφεται. Αν η κινούσα ροπή M_k εξισωθεί προς την αντιδρώσα, η αναστάλτικη ροπή η οποία δημιουργείται πάνω στο δίσκο D από τον μόνιμο μαγνήτη του, η περιστροφή του δίσκου γίνεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα.

Ο δίσκος D επειδή είναι από αλουμίνιο A_1 δεν μαγνητίζεται καθόλου από τον μόνιμο μαγνήτη M . Κατά τη περιστροφή του δίσκου από A_1 , μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μόνιμου μαγνήτη M , επάγονται στο δίσκο δινορεύματα και αναπτύσσεται σε αυτό μία ροπή αντίθετη προς την κινούσα (ανασταλτική). Τό μέγεθος της ροπής αυτής είναι ανάλογο προς τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δίσκου ή τον αριθμό περιστροφών του δίσκου, δηλαδή :

$$M_x = C_3 \cdot W = C_4 \cdot h$$

Για περιστροφή με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ισχύει : $M_x = M_x$

$$C_2 \cdot P = C_4 \cdot \eta \Leftrightarrow P = \frac{C_4}{C_2} \cdot \eta = C' \cdot \eta$$

Αν ένας μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτεί μια κατανάλωση ισχύος P επί χρόνο t και ο δίσκος του φέρει η_{o1} στροφές, τότε :

$$P \cdot t = C \cdot \eta_{o1} \Leftrightarrow \eta_{o1} = \frac{1}{C} P \cdot t = C' \cdot W$$

Ο αριθμός περιστροφών του δίσκου η_{o1} μετρείται με έναν μηχανικό απαριθμητή που παίρνει κίνηση μέσω ενός ατέρμονα οδοντωτού τροχού από τον άξονα του δίσκου.

Η σταθερά $C' = 1 / C$ ονομάζεται σταθερά του μετρητή και εκφράζεται σε στροφές ανα KWh .

Σφάλμα μέτρησης και τρόπος αντιμετώπισης του.

Επειδή το κινητό σύστημα έχει κάποιο βάρος μεγαλύτερο από ότι τα ενδεικτικά όργανα, δεν στηρίζεται πάνω σε ακίδες αλλά σε έδρανα. Λόγω των τριβών που εφαρμόζονται στα έδρανα και μεταξύ ψηκτρών και συλλέκτη έχουμε ένα πρόσθετο σφάλμα στη λειτουργία του μετρητή. Για την αντιμετώπισή αυτού του σφάλματος χρησιμοποιείται σε σειρά προς το πηνίο τάσης ένα βοηθητικό πηνίο. αυτό δημιουργεί ένα πρόσθετο μαγνητικό πεδίο από το οποίο ασκείται πάνω στο κινητό σύστημα μια πρόσθετη ροπή προς τη ροπή των τριβών.

Συμπληρωματικά στοιχεία για τον Μετρητή.

Αν συμβεί μια στιγμιαία υπέρταση στο δίσκο, τότε αυτή η πρόσθετη ροπή, επειδή εξαρτάται από την τάση του δικτύου, θα ξεπεράσει την ροπή των τριβών, με αποτέλεσμα τη περιστροφή του δίσκου. Αυτό είναι απαράδεκτο γιατί ακόμη και με μηδενικό φορτίο, θα έχουμε καταγραφή ηλεκτρικής ενέργειας.

Για να αποφύγουμε το μειονέκτημα αυτό, πάνω στο δίσκο από αλουμίνιο, τοποθετείται ένα σιδερένιο έλασμα που λέγεται σημαία. Αυτό έλκεται από τον μόνιμο μαγνήτη M και αντιδρά στη περιστροφή του κινητού συστήματος ακόμη και στην περίπτωση μηδενικού φορτίου και τάσης 120% της ονομαστικής τιμής.

Η αντίσταση R_a που συνδέεται σε σειρά με το πηνίο τάσης, είναι κατασκευασμένη από νικέλιο το οποίο έχει μεγαλύτερο συντελεστή θερμοκρασίας από τον χαλκό κατά 50%.

Έτσι οι επιδράσεις της θερμοκρασίας που θα μείωναν την ροπή M που επιδρά στον δίσκο A_1 , αντισταθμίζονται από την R_a .

Β) Αμπερομετρικοί Μετρητές.

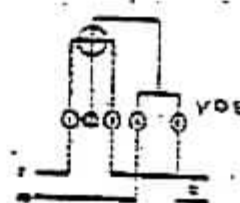
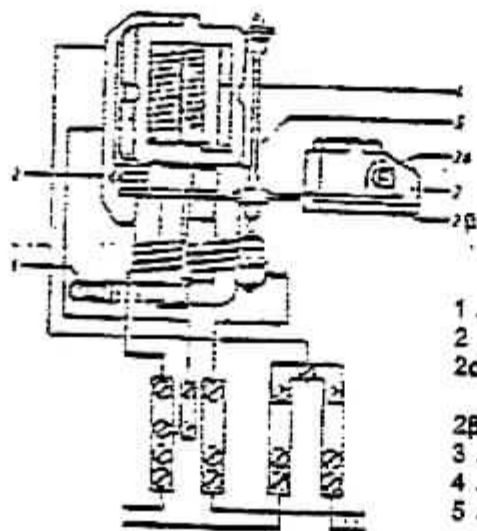
Αυτοί διαφέρουν κατασκευαστικά από τους βαττομετρικούς, έχουν μικρό κόστος κατασκευής, αλλά έχουν το μειονέκτημα ότι πρέπει να λειτουργούν σε δίκτυα που έχουν σταθερή τάση, κάτι που δεν συμβαίνει στην πράξη. Σήμερα τέτοιοι μετρητές δεν κατασκευάζονται.

2.3 Μετρητές Ηλεκτρικής Ενέργειας Εναλλασσόμενου Ρεύματος. (Επαγωγικοί).

Αρχή Λειτουργίας

Αυτοί αποτελούνται βασικά από δύο συστήματα ηλεκτρομαγνητών :

- 1) Το σύστημα τάσης το οποίο αποτελείται από πολλές σπείρες λεπτού σύρματος και δέχεται την τάση του δικτύου (στη περίπτωση μονοφασικού Ε. Ρ.)
- 2) Το σύστημα έντασης το οποίο αποτελείται από λίγες σπείρες χοντρού σύρματος και δέχεται το ρεύμα του καταναλωτή.

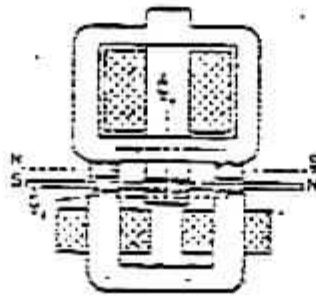


1. Βραχυκυκλωτήρας σπείρας
2. Μόνιμος μαγνήτης.
- 2α. Ρύθμιση ροπής αντίδρασης μόνιμου μαγνήτη.
- 2β. Σιδερένια πλάκα
3. Ρύθμιση του πηνίου τάσης.
4. Ρύθμιση της αντρίδρούσας ροπής στις τριβές.
5. Σημαία για να αποκλείεται η λειτουργία χωρίς φορτίο.

Σχηματική παράσταση μονοφασικού επαγωγικού μετρητή Ηλ. Ενέργειας

Λόγω κατασκευής δημιουργείται μια φασική απόκλιση μεταξύ της μαγνητικής ροής Φ_1 του συστήματος τάσης και ροής Φ_2 του συστήματος έντασης. Επειδή ο δίσκος αλουμινίου περνά μέσα από τα πέλατα των ηλεκτρομαγνητών διαπερνάται καθετα από τις μαγνητικές ροές Φ_1 και Φ_2 . Οι μαγνητικές ροές Φ_1 και Φ_2 μεταβάλλονται χρονικά με αποτέλεσμα να έχουμε συνισταμένο μαγνητικό πεδίο που στρέφεται γύρω από τον άξονα του δίσκου με γωνιακή ταχύτητα που εξαρτάται από το μετρούμενο Ε.Ρ.

Ο δίσκος περιστρέφεται ώστε να μηδενιστεί η σχετική του ταχύτητα προς την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου οπότε τα δινορεύματα που δημιουργούνται εξ' επαγωγής σ' αυτόν καθώς και η κινούσα ροπή μηδενίζονται.



Φ_1 : μαγνητική ροή που δημιουργείται απο το πηνίο ή το σύστημα τάσης
 Φ_2 : μαγνητική ροή που δημιουργείται απο το πηνίο ή το σύστημα έντασης

Αποδύκνεται ότι η κινούσα ροπή M_k είναι :

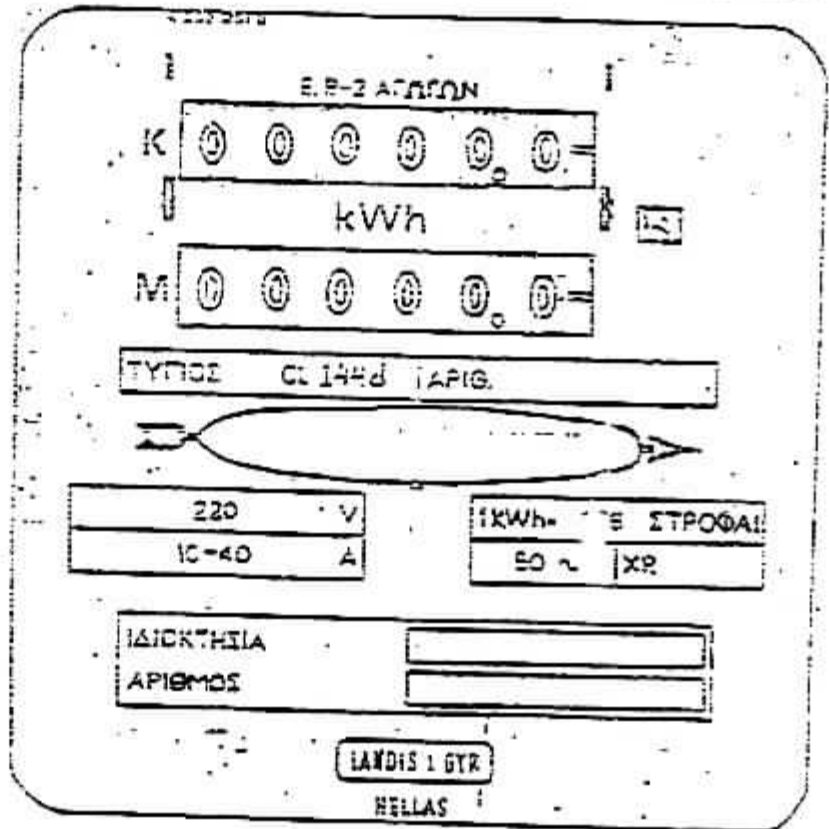
$$M_k = C \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi \quad \text{όπου } C : \text{σταθερά}$$

Σε περίπτωση συνδεσης πέργων καταναλωτών (συνφ=0) οπότε $M_k=0$, ο δίσκος του μετρητή δεν περιστρέφεται παρ' ολο ότι το σύστημα τάσης βρίσκεται σε τάση και το σύστημα έντασης διαρέεται απο ρεύμα. Όταν στον δίσκο εμφανιστεί η κινούσα ροπή M_k τότε αυτός επιταχύνεται μέχρι όταν η ανταγωνιζόμενη ροπή εξισωθεί προς τη κινούσα. Τότε η γωνιακή ταχύτητα με σταθερό φορτίο, παραμένει σταθερή και ο αριθμός των στροφών του δίσκου σε κάποιο χρονικό διάστημα είναι ανάλογος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε σ' αυτά. Η καταγραφή της ενέργειας γίνεται με απ αριθμητή που κινείται με σύστημα ατέρμονα κοχλία απο τον άξονα του δίσκου.

Σφάλμα μετρητή και διόρθωσή του.

Όπως και στους μετρητές Σ.Ρ. η ροπή των τριβών δημιουργεί ένα σχετικό σφάλμα, που αντισταθμίζεται με μια πρόσθετη ροπή ανεξάρτητη του φορτίου. Η ροπή αυτή οφείλεται στην παρουσία χάλκινων δακτυλίων βραχυκύκλωσης μέσα στα οποία αναπτύσσονται ρεύματα εξ' επαγωγής. Ο πιο συνήθισμένος τρόπος διόρθωσης των αποκλίσεων απο την ιδανική λειτουργία είναι η τοποθέτηση στα σκέλη των πυρήνων τυλιγμάτων μικρού αριθμού σπειρών. Αυτά μεταβάλλουν την επίδραση του με τη μετακίνηση ενός κατάλληλα τοποθετημένου βραχυκυκλώματος.

ΠΙΝΑΚΙΑ ΧΑΡΑΧΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



1. Κατασκευαστής : LANDIS & GYR
(είναι η επωνυμία του εργοστασίου αυτού)
2. Τύπος : CL 144 d
Τα στοιχεία αυτά σημαίνουν :
 - C : Μονοφασικός μετρητής
 - L : Το μοντέλο του μετρητή
 - 1 : Αριθμός δίσκων.
 - 4 : Φόρτιση μετρητή.
 - 4 : Ειδικά χαρακτηριστικά μετρητή.
 - d : Ο μετρητής είναι διπλής εγγραφής (όπως βλέπουμε και στην εικόνα - είναι διπλού τιμολογίου-).
3. Αριθμός σειράς : Είναι ο αριθμός σειράς του κατασκευαστή που δίνει σε κάθε μετρητή που παράγει.

4. **Αριθμός Δ.Ε.Η** : Είναι ο αριθμός μητρώου του κάθε μετρητή που βάζει η Δ.Ε.Η όταν αυτός βγαίνει για πρώτη φορά από το εργαστήριο μετρήσεων και μπαίνει ένα ταμπλάκι όπως παρακάτω :

ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ Δ.Ε.Η.

ΑΡΙΘΜΟΣ

5. **Τάση** : $U_N = 220 \text{ V}$ είναι η τάση για την οποία είναι κατασκευασμένο να εργάζεται το πηνίο τάσης του μετρητή. Με επιτρεπόμενη διακύμανση $\pm 10 \%$ χωρίς το σφάλμα του μετρητή να είναι μεγαλύτερο από $\pm 2\%$.

6. **Ένταση** : $I_N = 10 \text{ A}$. Είναι η ενδεικνυμένη τιμή του ρεύματος για το οποίο είναι κατασκευασμένο το πηνίο έντασης.

$I_{op} = 40 \text{ A}$. Είναι το 400% του I_N και είναι το μεγαλύτερο επιτρεπόμενο ρεύμα που μπορεί να διαρέει το πηνίο εντάσεως του μετρητή χωρίς το σφάλμα του να υπερβαίνει τα όρια $\pm 2\%$.

$$I_{\text{ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ}} = I_N \cdot \frac{1}{200} \quad \text{για } \cos\phi = 1$$

Για την περίπτωση του $I_N = 10$ έχουμε : $I_{\text{ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ}} = 10 \text{ A} \cdot \frac{1}{200} = 0,05 \text{ A}$

Δίνουμε παρακάτω την τυπική καμπύλη του σφάλματος ενός επαγωγικού μετρητή, με βάση το φορτίο του :

ΤΥΠΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ (Καμπύλη φορτίου)



7. **Συχνότητα** : $F = 50 \text{ Hz}$ ή 50. Είναι η συχνότητα για την οποία είναι κατασκευασμένος ο μετρητής να εργαστεί με επιτρεπόμενη διακύμανση $\pm 0,05\%$.

8. Σταθερά K : Μας λέει πόσες στροφές πρέπει να κάνει ο δίσκος του μετρητή για να καταγραφεί 1 KWH (π.χ. 375 στρ / KWH).
 Υπάρχει και η σταθερά C που μας λέει πόση ενέργεια πρέπει να περάσει από τον μετρητή, για να κάνει ο δίσκος μία στροφή (π.χ. $C = 2.666 \text{ WH} / \text{στρ}$).
 Οι σταθερές αναφέρονται πάντα με ακρίβεια χιλιοστού.
 Οι σχέσεις μεταξύ των δυο σταθερών είναι :

$$C = \frac{1}{K} \quad \text{και} \quad K = \frac{1}{C}$$

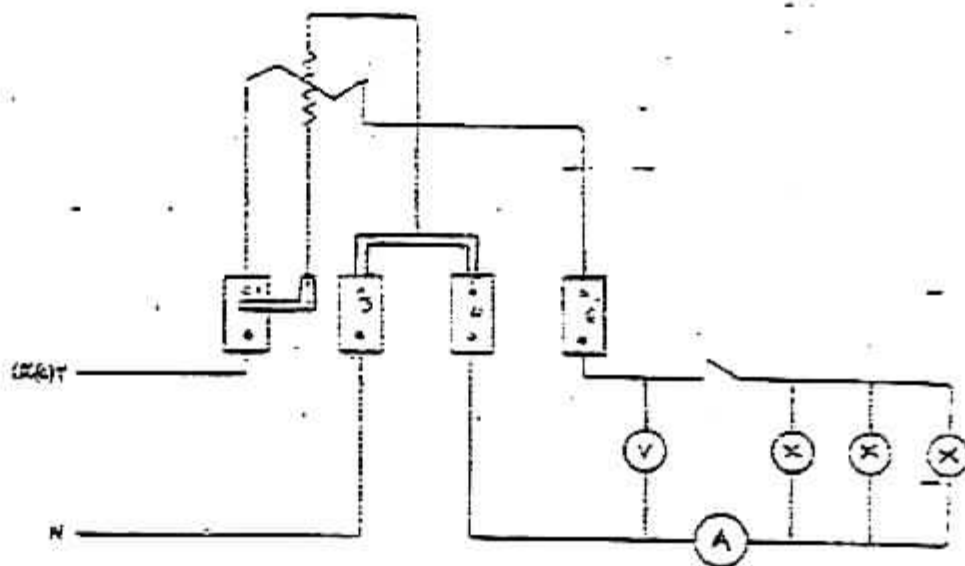
π.χ

$$C = \frac{1}{K} = \frac{1}{375 \text{ ΣΤΡ./KWH}} = \frac{1 \text{ KWH}}{375 \text{ ΣΤΡ.}} = \frac{1000 \text{ WH}}{375 \text{ ΣΤΡ.}} = 2.666 \text{ WH} / \text{ΣΤΡ}$$

- Προσδιορισμός της σταθεράς C του Μετρητού.
- Προσδιορισμός της Ηλ. Ενέργειας A_2 που γράφει ο Μετρητής.
- Προσδιορισμός της Ηλ. Ισχύος P_2 του καταναλωτή με βάση την Ηλ. Ενέργεια A_2 που έγραψε ο μετρητής σε χρόνο t .
- Προσδιορισμός σφάλματος Μετρητή (χρησιμοποίηση Βολτομέτρου-Αμπερομέτρου)

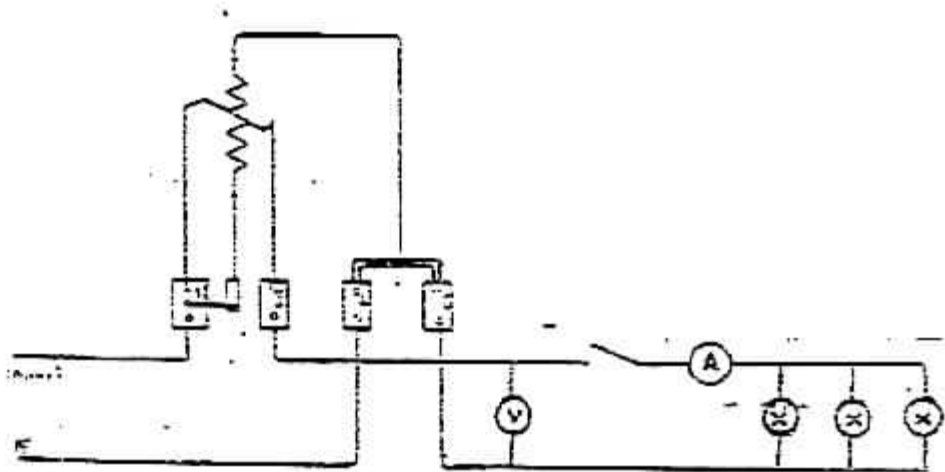
- 1) Υπάρχουν δυο βασικές συνδεσμολογίες Μονοφασικών Μετρητών :
- α) Σύνδεση του μετρητή όταν αυτός είναι κατά B.S.
(Αγγλικών κανονισμών)
 - β) Σύνδεση του μετρητή όταν αυτός είναι κατά V.D.E.
(Γερμανικών κανονισμών)

Σύνδεση μονοφασικού μετρητή κατά Β. Σ.



Σχήμα 1

Σύνδεση μονοφασικού μετρητή κατά V. D. E.



Σχήμα 2

2) Προσδιορισμός της σταθεράς C με ακρίβεια χιλιοστού και με γνωστή την σταθερά

$$K \rightarrow \frac{\Sigma TP}{KWh} = 480$$

$$C = \frac{1}{K} = \frac{1}{480 \Sigma TP / KWh} = \frac{1 \text{ KWh}}{480 \Sigma TP} = \frac{1000 \text{ Wh}}{480 \Sigma TP} = 2,083 \text{ Wh} / \Sigma TP$$

3) Αφού συνδέσουμε τον μετρητή όπως στο σχήμα 1 (κατά Β. Σ.) ηλεκτροδοτούμε το κύκλωμα. Μετράμε 2 στροφές του δίσκου του μετρητή και το χρόνο t στον οποίο έκανε τις στροφές.

4) Προσδιορίζουμε την τιμή της Ηλεκτρικής ενέργειας A_2 που έγραψε ο μετρητής, από τους τύπους :

$$A_2 = N \cdot C = 2 \cdot 2,083 = 4,166 \text{ Wh}$$

ή

$$A_2 = N \cdot C \cdot 3600 = 2 \cdot 2,083 \cdot 3600 = 14997,6 \text{ W} \cdot \text{SEC}$$

5) Προσδιορίζουμε την τιμή της Ηλεκτρικής ισχύος P_1 της κατανάλωσης που στην προκειμένη περίπτωση είναι **ωμική**, βάση των ενδείξεων ενός βολτομέτρου και αμπερομέτρου (βλέπε σχ. 1) ή βαττομέτρου. Δεχόμαστε ότι τα όργανα είναι ιδανικά δηλ. έχουν σφάλμα ± 0 .

$$\text{Εχω } P_1 = U \cdot I = 228 \cdot 1,38 = 314,64.$$

Η P_2 υπολογίζεται από την A_2 και τον χρόνο t σε sec :

$$P_2 = \frac{A_2}{t} = \frac{14997,6}{40,6} = 369,3 \text{ W}$$

Στόν παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα αποτελέσματα :

Ένταση I	Τάση U	Ισχύς P ₁	Στροφές N	Χρόνος t	Ενέργεια A ₂	Ισχύς P ₂	ΣΦ %
1,38	228	314,64	2	40,6	14997,6	369,3	17,37

β) Προσδιορισμός σφάλματος μετρητού.

$$\Sigma\Phi \% = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100 = \frac{369,3 - 314,64}{314,64} \cdot 100 = 17,37 \%$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

α) Εάν το $\Sigma\Phi \%$ είναι μεγαλύτερο του μηδενός (θετικό), ο ελεγχόμενος μετρητής γράφει περισσότερα. Άρα ζημιώνεται ο καταναλωτής.

β) Εάν το $\Sigma\Phi \%$ είναι μικρότερο του μηδενός (αρνητικό), ο ελεγχόμενος μετρητής γράφει λιγότερα. Άρα οφελείται ο καταναλωτής.

Εάν το σφάλμα μετρητή είναι μικρότερο του $\pm 5 \%$, είναι παραδεκτός.

Εάν το σφάλμα μετρητή είναι μεγαλύτερο του $\pm 5 \%$ είναι απαράδεκτος και πρέπει να αντικατασταθεί.

Επειδή στους μετρητές είναι γραμμένη η σταθερά K ή η σταθερά C , το σφάλμα του μετρητή υπολογίζεται από τους τύπους που αναφέραμε στην προηγούμενη σελίδα και από τους τύπους:

$$A_2 = N \cdot \frac{\dots}{K} = \dots \text{ Kwh} \times 1000 = \dots \text{ Wh}$$

$$P_2 = U \cdot I = \dots \text{ W}$$

$$P_1 = \frac{A_2}{t} = \dots \text{ W}$$

Επεξήγηση Συμβόλων

K : Σταθερά μετρητή σε ΣΤΡ/ΚWh

C : Σταθερά μετρητή σε KW/ΣΤΡ

N : στροφές που πήρε ο δίσκος του μετρητή

t : Χρόνος στον οποίο ο δίσκος του μετρητή πήρε N στροφές σε SEC

A_2 : Η ενέργεια που έγραψε ο μετρητής σε Wh ή W · SEC

P_2 : Η ισχύς του καταναλωτή βάσει της ενέργειας A_2 του μετρητή

P_1 : Η ισχύς βάσει των ενδείξεων βολτομέτρου και αμπερομέτρου.

$\Sigma\Phi\%$: Το σφάλμα του μετρητή στις 100 %.

2.4. Μετρητές διπλού τιμολογίου

Οι μετρητές αυτοί δεν έχουν καμιά ιδιαίτερη διαφορά από τους απλούς μετρητές εκτός του ότι υπάρχει ένας ακόμη απαριθμητής και λειτουργεί τις νυχτερινές ώρες.

Οι μετρητές διπλού τιμολογίου τοποθετούνται σε καταναλωτές που θέλουν μειωμένο τιμολόγιο (νυχτερινό).

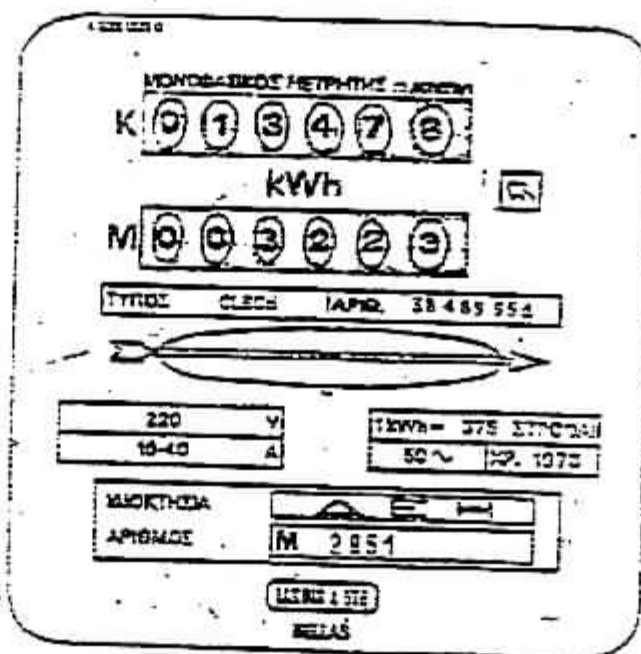
Η αλλαγή τιμολογίου γίνεται διαμεσου ηλεκτρονόμου (ρελαί) με μικρή κατανάλωση ισχύος και διαφορικού μηχανισμού, έτσι ώστε να υπάρχει μόνιμη εμπλοκή των οδοντωτων τροχών (γρανάζια).

Βάση κανονισμών Δ.Ε.Η. καθορίζεται το χρονικό διάστημα μέσα στο 24ωρο που παρέχεται το μειωμένο τιμολόγιο στους καταναλωτές π.χ από τις 11ης νυχτερινής ώρας μέχρι 7ης πρωινής της επόμενης μέρας.

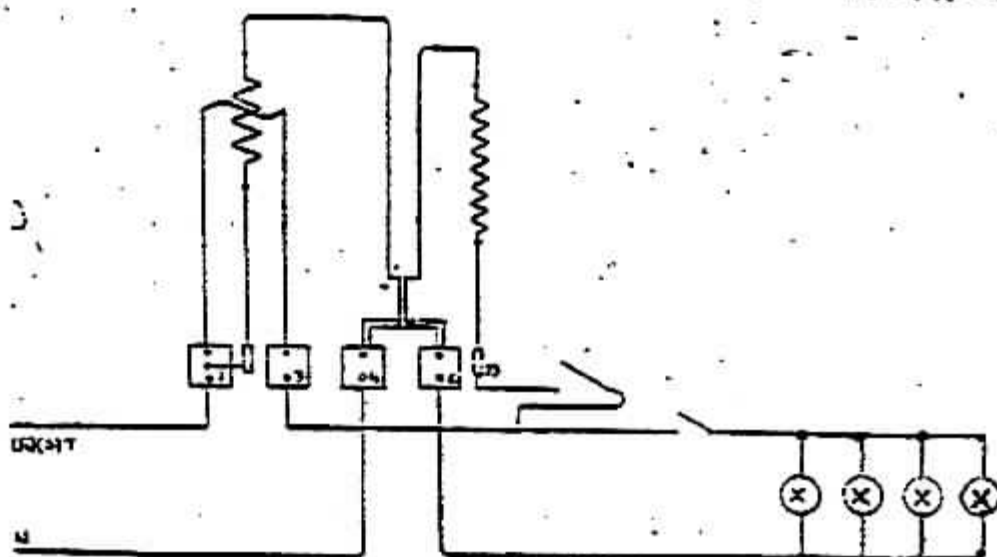
Η αλλαγή της εγγραφής στον Μετρητή από το κανονικό τιμολόγιο (Κ) σε μειωμένο (Μ) γίνεται μέσω μιας επαφής του δέκτη τηλεχειρισμού ακουστικής συχνότητας ή του χρονοδιακόπτη που δίνει εντολή στον ηλεκτρονόμο του μετρητή να διακόψει την λειτουργία του απαριθμητή κανονικού τιμολογίου και να θέσει τον απαριθμητή μειωμένου τιμολογίου και αντιστρόφως.

Ενας δείκτης που είναι τοποθετημένος στην μέση και δεξιά από τους δύο απαριθμητές δείχνει ποιός από τους δύο λειτουργεί.

Η λειτουργία του Δείκτη Α.Σ. επιτυγχάνεται με την εκπομπή σήματος συχνότητας 175 Hz διάρκειας περίπου 2 λεπτών.



Σύνδεση μονοφασικού μετρητή κατά V.D.E. (διπλής εγγραφής)



2.5. Μέτρηση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Τριφασικό Σύστημα. Τριφασικοί Μετρητές.

Η μέτρηση της Ηλεκτρικής Ενέργειας σε τριφασικά συστήματα γίνεται όπως και στα μονοφασικά με τη βοήθεια επαγωγικών μετρητών. Οι τριφασικοί μετρητές λειτουργούν κατά βάση όπως και οι μονοφασικοί μετρητές.

Κατηγορίες τριφασικών μετρητών

α) Τριφασικοί μετρητές Χαμηλής τάσης (220/380), 4 αγωγών με 3 στοιχεία δηλαδή με 3 πηνία τάσεως και 3 πηνία εντάσεως.

β) Τριφασικοί μετρητές Χαμηλής τάσης (220/380), με 2 στοιχεία δηλαδή με 2 πηνία τάσεως και 2 πηνία εντάσεως και τροφοδοτούνται μέσω Μ/Σ εντάσεως. Αυτοί συνήθως είναι :

- 220/380 V 3 X 5 (10) A
- 220/380 V 3 X 5 A
- 220/380 V 3 X 1,5 (6) A

γ) Τριφασικοί μετρητές Μέσης τάσης 3 αγωγών με 2 στοιχεία και τροφοδοτούνται μέσω Μ/Σ έντασης και τάσης. Αυτοί συνήθως είναι : (σύνδεση ΑΡΩΝ)

- 100 V 3 X 5 A
- 100 V 3 X 1,5 (6) A

2.6. Μετρητές Αέργου Ενέργειας

Οι μετρητές αέργου ενέργειας προβλέπονται για την μέτρηση της αέργου ενέργειας τριφασικών εγκαταστάσεων.

Οι μετρητές αυτοί εγκαθίσταται μαζί με τους μετρητές πραγματικής ενέργειας και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης σε κάποιο χρονικό διάστημα.

Οι μετρητές Α.Ε. 4 αγωγών τοποθετούνται σε εγκαταστάσεις μικρής ή μεσαίας σημασίας όπου για καθορισμό του μέσου συντελεστή ισχύος είναι αρκετή μια απλή εγκατάσταση μέτρησης. Για εγκαταστάσεις μεγαλύτερης σημασίας χρησιμοποιούνται άλλοι ειδικοί μετρητές ακριβείας (**Μετρητές TRIVECTOR**) οι οποίοι καταγράφουν και την φαινόμενη ενέργεια σε KW/H.

Η τοποθέτηση των μετρητών αέργου ενέργειας επιβάλλεται για να αποφεύγεται η κακή φόρτιση εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής που οφείλεται στους μικρούς συντελεστές ισχύος (μικρό Cosφ) των καταναλωτών.

Η μεγάλη φασική απόκλιση μεταξύ τάσεως και εντάσεως προκαλεί πρόσθετη δαπάνη στην παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως αύξηση του κόστους του ρεύματος.

Οι μετρητές αέργου ενέργειας με τρία κινητήρια στοιχεία κατασκευής **LANDIS & GYR**. Σχετικά με την λειτουργία και την κατασκευή είναι όμοιοι με τους μετρητές πραγματικής Ενέργειας, διαφέρει όμως ο τρόπος της συνδεσής τους (όπως θα δούμε παρακάτω σε πλήρες συνδεσμολογίες μετρητικών σετ) ως προς την συνδεσμολογία των πηνίων τάσεως στις τρεις φάσεις και ως προς το μέγεθος της εφαρμοζόμενης σε αυτά τάση (πολική τάση).

Πρέπει να δοθεί προσοχή διότι η ακρίβεια των μετρητών αυτών εξαρτάται από τη σειρά διαδοχής φάσεως και από την ασυμμετρία του τριγώνου των τάσεων.

ΦΟΡΗΤΟΣ ΑΝΑΛΥΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ MICROVIP MK 1.1

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας MICROVIP MK 1.1 είναι ένα φορητό όργανο που χρησιμοποιεί την τεχνολογία των μικροπολογιστών και ελέγχει μονοφασικά και συμμετρικά τριφασικά ηλεκτρικά κυκλώματα.

Με ελάχιστες ρυθμίσεις (προγραμματισμούς είναι σε θέση να παρουσιάζει στην οθόνη και να εκτυπώνει στον ενσωματωμένο εκτυπωτή 12 μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών σε μονοφασικά και συμμετρικά τριφασικά συστήματα.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα προγραμματισμού για επιτήρηση των μέγιστων και ελάχιστων τιμών σε αρκετά από τα μετρούμενα ηλεκτρικά μεγέθη μέσω ακουστικής σήμανσης ή μέσω κατάλληλης εξόδου.

Το όργανο έχει προσαρμοσμένη μια οθόνη με δυνατότητα επίδειξης ενός συνόλου 9 σελίδων που επιτρέπει την παρουσίαση όλων των μετρήσεων και προγραμματισμών απλώς με την χρήση των εντολών αλλαγής σελίδας.

Το MICROVIP MK 1.1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χαμηλή τάση (460V AC) και η τροφοδοσία του λαμβάνεται απ ευθείας από τις συνδέσεις μέτρησης της τάσης.

Το MICROVIP MK 1.1 έχει αμέτρητες εφαρμογές από τον έλεγχο κυκλωμάτων, συσκευών και μηχανημάτων (κινητήρων) έως την βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας και την διόρθωση του συνφ (συντελεστή ισχύος).

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΣΕΙΡΑΣ *

micro VIP	4	
11-11 18:07:01		Ωρο εκτύπωσης
KWatt	2,52	Σημιαία ενεργός ισχύς
Cosφ PF	1,00	Σημιαία συντελεστής ισχύος
Ampere	4,37	Πραγματικό RMS ρεύμα
Volt	300	Πραγματικό RMS τάση
KVArh	00001,431	Κατανάλωση ορατού ενέργειας
KWh	00006,169	Κατανάλωση ενέργειας
Hours	0001,51	Ωρες λειτουργίας
mA	000	Ρεύμα Δ αρσενός
KVAr Δi	>1,52	Αραγός ισχύς (3,
P.F. Med.	>0,97	Μέσος συντελεστής ισχύος (4)
Hz	50,0	Συχνότης

MICROVIP MK1.1 MICROVIP MK1.2

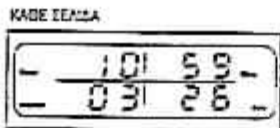
ΑΝΑΛΥΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΛΕΠΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕΛΙΔΩΝ ΟΘΟΝΗΣ

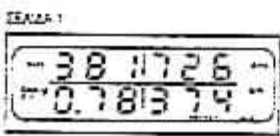
ΤΥΠΟΣ ΣΕΛ.	ΟΘΟΝΗ	ΑΡ. ΣΕΛ.	ΣΥΜΒΟΛΟ ΟΘΟΝΗΣ (1)	ΓΙΑΤΙΝ ΚΑΘΕΣ
ΟΘΟΝΗ ΔΕΥΤΕΡΙΑ		1	Volt: Σημείο RMS τάση Amp: Σημείο RMS ρεύμα Cos φ F: Σημείο cos φ kW: Σημείο ισχύος (W)	500 V 12 A / 1.2 MA + 1.00 + 0.00 (2) 0.999 W - 1.028 MW (3)
		2	kVAh: Καταβληθείσες ενέργειες ισχύος στο τηλέφωνο επικοινωνίας kWh: Καταβληθείσες ενέργειες ισχύος στο τηλέφωνο επικοινωνίας	999.999 - 99999.9 kWh
		3	hour: Αρ. ώρων & λεπτών με ρεύμα τάση στο τηλέφ. επικοινωνίας (1st 22s & 2nd 00min 0s) mA: Σημείο διαφορά ρεύματος Hz: Συχνότητα	9999.99 hours / minutes 500 mA 500 Hz
		4	Cos φ F: Μέγιστη συντελεστή cos φ μετρήσιμη στο τηλέφ. επικοινωνίας = Πάροχος/από τηλέφ. επικοινωνίας kVAh: Αδυναμία απόρριψής της 1ης ή 2ης πλευράς μετρήσιμη με τηλέφ. επικοινωνίας 0.050 W = ηλεκτρομαγνητικό πεδίο	0.99 - 0.00 (4) (5) 0.999 kW - 1.028 MW (4)
ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΜΕΡΩΝ		5	hour: Ημέρα Min: Μηνιαία Month: Μηνιαία Day: Ημέρα	Μετρήσιμη, 1000
		6	hour: Ημέρα Min: Μηνιαία Month: Μηνιαία Day: Ημέρα	Ρυθμίζετε μετρήσιμη, 1000
ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ		7	Volt: Παροχολογία RMS τάση Min: Μέγιστη γρήγορη 2 συντελεστής καταπόνησης (απόρριψη) Cos φ F: Συντελεστής cos φ kA: Τάση ρεύμα (A)	500 V (6) 0 - 99 min (7) 1.00 - 0.00 (απόρριψη) 12 A - 1.2 kA
		8	Volt: Μέγιστη τάση (απόρριψη) Amp: Μέγιστο ρεύμα (απόρριψη) μετρήσιμη στο τηλέφ. επικοινωνίας Cos φ F: Μέγιστο συντελεστή cos φ kW: Μέγιστη ισχύος (απόρριψη) (1 st 22sec 00min)	0.999 V - 999 kV 0.999 A - 999 kA 1.00 - 0.00 (απόρριψη) 0.999 W - 999 MW
ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ		9	Volt: Μέγιστη τάση (απόρριψη) kAmp: Μέγιστο ρεύμα (απόρριψη) Cos φ F: Μέγιστο συντελεστή cos φ (απόρριψη) kW: Μέγιστη ισχύος (απόρριψη) (1 st 22sec 00min)	0.999 V - 999 kV 0.999 A - 999 kA 1.00 - 0.00 (απόρριψη) 0.999 W - 999 MW

(1) Το σύμβολο που εμφανίζεται στην οθόνη αναπαριστά τις μετρήσιμες ποσότητες και οι οποίες να θεωρούν οφέλιμα με τη χρήση μετρητή με 4 ψηφία.
 (2) Το σύμβολο που εμφανίζεται για τη μετρήσιμη ποσότητα και το σύμβολο που εμφανίζεται για το υπολογισμένο ποσό.
 (3) Για τη μετρήσιμη τάση RMS η μέτρηση γίνεται με τη μέθοδο της R & S. Υπάρχει για ζεύγη συντελεστή κριση P = Υπόδειξη για συντελεστή συντελεστή.
 (4) Εάν η οθόνη εμφανίζει 0.00 για τη μέτρηση της τάσης, τότε η τάση είναι 0.00V.
 (5) Η μέτρηση της τάσης γίνεται με τη μέθοδο της R & S. Υπάρχει για ζεύγη συντελεστή κριση P = Υπόδειξη για συντελεστή συντελεστή.
 (6) Εάν η οθόνη εμφανίζει 0.00 για τη μέτρηση της τάσης, τότε η τάση είναι 0.00V.
 (7) Εάν η οθόνη εμφανίζει 0.00 για τη μέτρηση της τάσης, τότε η τάση είναι 0.00V.
 (8) Ανεύρεση της τάσης στην οθόνη υπολογίζεται με τη μέθοδο της R & S.

ΑΝΕΥΡΕΣΗ ΣΕΛΙΔΟΣ ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ

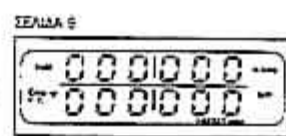


ΠΑΤΗΣΤΕ 'CP' ΓΙΑ 2"



ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΣΗΜΑ

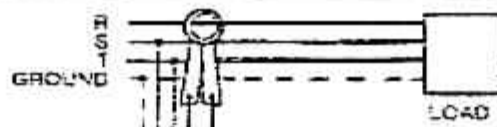
ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ ΤΟΥ ΤΟ 'CP' ΠΙΕΣΤΕΙ ΓΙΑ ΑΥΤΟΤΕΡΟ ΑΠΟ 2 SECS 2-3-4-5-6-7-8-9



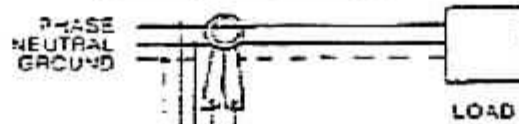
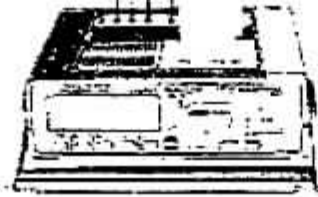
ΠΑΤΗΣΤΕ 'CP' ΓΙΑ ΝΑ ΓΥΡΙΣΕΤΕ ΣΤΗΝ ΣΕΛΙΔΑ 1

Εκπαινο κάνοι όλες τις λειτουργίες, υπάρχει να χρησιμοποιηθεί να απεικονιστεί κάτι ή να προκαθοριστεί συγκεκριμένες τιμές. Και στις 2 περιπτώσεις, πρέπει να βρεθεί η σωστή ασή.
 Η γενική διαδικασία είναι: η είδη: Εάν πατηστεί το 'CP' πλήκτρο για 2" ένα ακουστικό σήμα επιβεβαιώνει την εμφάνιση της 1ης ασή στην οθόνη. Αυτό είναι χρήσιμο σαν σημείο αναφοράς για τα υπόλοιπα. Κάθε φορά που πατηθεί το 'CP' πλήκτρο (για λιγότερο από 2") η επόμενη ασή, εμφανίζεται στην οθόνη (σε αλφαριθμητική σειρά από ασή 1 έως την ασή 9).

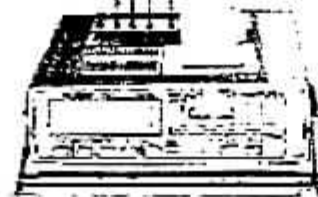
MICROVIP MK 1.1 CONNECTION DIAGRAMS



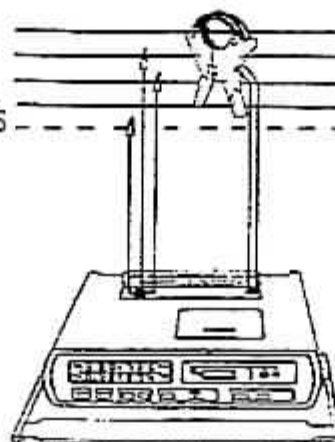
SYMMETRICAL AND BALANCED
THREE-PHASE SYSTEM (1) (2)



SINGLE-PHASE SYSTEM
PHASE CONNECTION



THREE PHASE SYSTEM + NEUTRA
SYMMETRICAL AND BALANCED
INSERTION IN WATTLESS



Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Τροφοδοτείστε από μονοφασικό δίκτυο ένα ωμικό φορτίο αφού πρώτα συνδέσετε ένα βαττόμετρο, ένα αμπερόμετρο και ένα βολτόμετρο για να μετρήσετε αντιστοιχα την ισχύ και το ρεύμα που καταναλώνει το φορτίο καθώς και την τάση τροφοδοσίας του. Οι συνδέσεις θα γίνουν όπως στις προηγούμενες ασκήσεις με την διαφορά ότι η τροφοδοσία του κυκλώματος (φάση-ουδέτερος), θα πραγματοποιηθεί από τις υποδοχές που βρίσκονται στον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ήδη συνδεδεμένος στο κύκλωμα σας και με την τροφοδοσία του κυκλώματος που συνδέεται στα δυο άκρα του, μέσω του γενικού διακόπτη, καταγράφει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται.
2. Τροφοδοτείστε το κύκλωμα αφού γίνει πρώτα έλεγχος έως ότου το σημάδι στον δίσκο του μετρητή να έρθει στην αρχική θέση. Από το σημείο αυτό καταγράψτε το χρόνο που χρειάζεται ο μετρητής για να πραγματοποιήσει 3 στροφές.
3. Καταγράψτε στο σχετικό πίνακα που ακολουθεί, τον παραπάνω χρόνο, την ισχύ του φορτίου, το ρεύμα που καταναλώνει το φορτίο, την τάση τροφοδοσίας του και την σταθερά του μετρητή που χρησιμοποιήσατε.
4. Υπολογίστε την συνολική ενέργεια που καταναλώθηκε, την ισχύ του φορτίου (P_2) με βάση την μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας και το συντελεστή ισχύος (συνφ) του φορτίου.
5. Θεωρώντας ότι το βαττόμετρο δεν έχει σφάλμα και συνεπώς η μέτρηση της ισχύος που προκύπτει από αυτό (P_1), είναι η πραγματική, υπολογίστε το σχετικό σφάλμα της μέτρησης με τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.
6. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 για ωμικό // επαγωγικό φορτίο (παράλληλα συνδεδεμένα)
7. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 για επαγωγικό // χωρητικό φορτίο (παράλληλα συνδεδεμένα)
8. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 για ωμικό // επαγωγικό // χωρητικό φορτίο (παράλληλα συνδεδεμένα)
9. Τι συμπέρασμα βγάξετε για το σχετικό σφάλμα της μέτρησης με τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με την ισχύ του φορτίου σας και τον συντελεστή ισχύος. Δικαιολογήστε πλήρως την απάντησή σας.
10. Συνδέστε τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας MICROVIP MK1.1 στο φορτίο που έχετε στο βήμα 8 ωμικό // επαγωγικό // χωρητικό φορτίο (παράλληλα συνδεδεμένα) και παρατηρήστε τις μετρήσεις που μπορείτε να πάρετε από αυτόν.
11. Αφαιρέστε το χωρητικό φορτίο και παρατηρήστε τις μετρήσεις από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.
12. Αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που διακρίνατε από την χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τον τρόπο που πέρνατε τις μετρήσεις έως τώρα.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ : ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΕΝΤΑΣΗ I (A)	ΤΑΣΗ V (A)	ΙΣΧΥΣ P1 (W)	ΣΤΑΘΕΡΑ C (ΣΤΡ/ΚWH)	ΣΤΑΘΕΡΑ Κ (WH/ΣΤΡ)	N ΜΕΤΡ. ΣΤΡΟΦ	ΧΡΟΝΟΣ t (sec)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ Λ (WH)	ΙΣΧΥΣ P2 (W)	ΣΧΕΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ %	ΘΕΤ ΛΡΝ
ΩΜΙΚΟ											
ΩΜΙΚΟ //											
ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ											
ΩΜΙΚΟ //											
ΧΩΡΗΤΙΚΟ											
ΩΜΙΚΟ //											
ΕΠΑΓ // ΧΩΡ											
<u>ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ</u>	ΜΕΤΡΗΣ. ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΕΤΡΗΣ. ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΕΤΡΗΣ. ΜΕΓΕΘΟΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΗΤΗ	K=1000/C	ΜΕΤΡΗΣ. ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΕΤΡΗΣ. ΜΕΓΕΘΟΣ	Λ=N * Κ	P2=A/Τ T(11)= t / 3600	ΣΦ % = (P2-P1)/P1	

ΑΣΚΗΣΗ 7^H :

ΓΕΦΥΡΑ EPSTEIN

A.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η Γέφυρα **EPSTEIN** είναι μια συσκευή κατάλληλη για τη μέτρηση των ολικών απωλειών σιδηροπυριτικών ελασμάτων που χρησιμοποιούνται στα μαγνητικά κυκλώματα των ηλεκτρικών μηχανών (γεννητριών, κινητήρων, Μ/Σ κ.τ.λ.).

Η συχνότητα λειτουργίας είναι συνήθως **16 [Hz] + 100 [Hz]**.

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε σε ένα μαγνητικό κύκλωμα τις **απώλειες από υστέρηση και δινορεύματα** στην ανά μονάδα μάζας του πυρήνα, διότι από το μέγεθος των απωλειών εξαρτάται η απόδοση της συσκευής και άλλα.

Οι απώλειες της συσκευής εκφράζονται σε **Watt / Kg** και μετρούνται για μαγνητική επαγωγή μέγιστης τιμής **B_{max} = 1 Tesla**, που μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με συχνότητα ανάλογα με την τροφοδοσία.

Η συσκευή του εργαστηρίου αποτελείται από τέσσερα πηνία συνδεδεμένα σε σειρά που σχηματίζουν ένα συνολικό τυλίγμα από **N₁ = 600 σπείρες** σε διάταξη τετραγώνου διαμέσου του οποίου περνούν "δέματα" από ελάσματα (μονωμένα το ένα με το άλλο με βερνίκι), τα οποία είναι ενωμένα στις γωνίες και κρατημένα στη θέση τους με σφικτήρες.

Κάτω από το τυλίγμα είναι ένα δευτερεύον επίσης αποτελούμενο από **N₂ = 600 σπείρες**.

Τα ελάσματα δοκιμών έχουν συνήθως μήκος **50 cm** και πλάτος **3 cm**. Το βάρος των ελασμάτων που συνήθως χρησιμοποιούμε είναι **5 – 10 kgr**, τα οποία χωρίζουμε σε τέσσερα ίσα μέρη σε διάταξη τετραγώνου.

Λειτουργία της συσκευής.

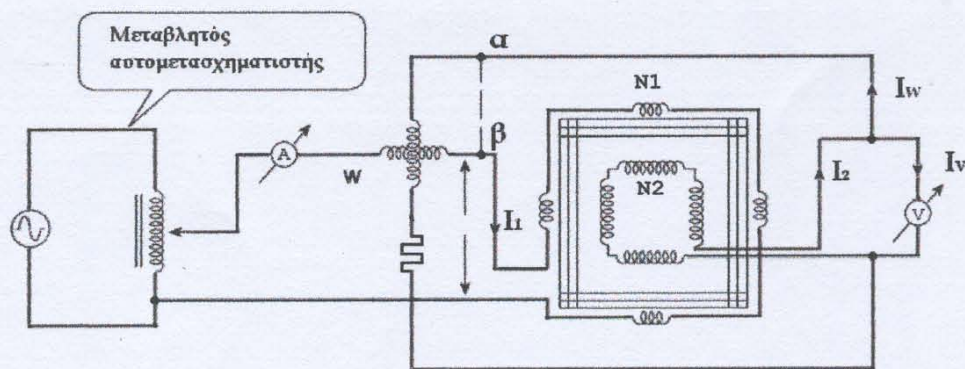
Το πρωτεύον τυλίγμα της γέφυρας **EPSTEIN** είναι συνδεδεμένο διαμέσου ενός μεταβλητού αυτομετασχηματιστή που τροφοδοτείται από μια πηγή μεταβλητής ημιτονοειδούς τάσης και συχνότητας ίσης με την συχνότητα για την οποία θέλουμε να μετρήσουμε τις απώλειες.

Θεωρούμε την επαγωγική και ωμική αντίσταση του τυλίγματος αμελητέα και έτσι δεχόμαστε την μεταβολή της μαγνητικής ροής Φ εντός του πυρήνος επίσης ημιτονοειδή.

Στο πρωτεύον κύκλωμα παρεμβάλεται αμπερόμετρο **A** και το πηνίο έντασης του βαττομέτρου **W** ενώ στο δευτερεύον συνδέεται βολτόμετρο και το πηνίο τάσης του βαττομέτρου (προαιρετικά και ένα βολτόμετρο που μετρά U).

Το πηνίο έντασης του βαττομέτρου συνδέεται με το πηνίο τάσης με **αγωγό α-β** (όχι απαραίτητα) με σκοπό τα σημεία **α** και **β** να είναι ισοδυναμικά ώστε να μην εμφανίζονται μεταξύ των δύο πηνίων ηλεκτροστατικές τάσεις και αλλοιώνουν έτσι την ένδειξη του οργάνου.

Διαμέσου του αγωγού αυτού δεν περνά ρεύμα.



Σχήμα 1

Το διανυσματικό διάγραμμα λειτουργίας της συσκευής φαίνεται στο σχήμα 2. Έστω Φ το διάνυσμα της μαγνητικής ροής (*rms* τιμή) και I_0 το ρεύμα που θα απορροφούσε το πρωτεύον εάν δεν υπήρχε φορτίο στο δευτερεύον. Το ρεύμα αυτό προηγείται της Φ κατά γωνία δ , αναλύεται σε δύο κάθετες συνιστώσες την I_σ που χρησιμεύει για την συντήρηση της ροής Φ και είναι σε φάση με αυτή και τη I_μ που οφείλεται στις απώλειες πυρήνα (υστέρηση και δινορεύματα).

$$\dot{I}_\mu = \dot{I}_\sigma + \dot{I}_u$$

Η ροή Φ προκαλεί στο δευτερεύον την επαγωγή της Η.Ε.Δ. E_2 που καθυστερεί της Φ κατά 90° γιατί είναι:

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

Η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη στο πρωτεύον έχει (λόγω της ισότητας των τυλιγμάτων) το ίδιο μέτρο με την \dot{E}_2 , προηγείται όμως της ροής Φ κατά 90° .

Είναι δηλαδή $\dot{E}_1 = -\dot{E}_2$

Το μέτρο των δύο Η.Ε.Δ. είναι:

$$E_1 = E_2 = E_2 = 4.44 \times N_2 \times f \times B_m \times A_s \quad (1)$$

Όπου: N_2 = ο αριθμός των σπειρών.

A_s = η διατομή του πυρήνα (m^2).

f = η συχνότητα σε (Hz)

B_m = η μέγιστη τιμή της επαγωγής (Tesla)

Λόγω του βολτομέτρου και του πηνίου τάσεως του βαττομέτρου το δευτερεύον διαρρέεται από ρεύματα I_v και I_w τα οποία διαρρέουν και το πρωτεύον με το ίδιο μέτρο, επειδή η σχέση μεταφοράς είναι 1/1.

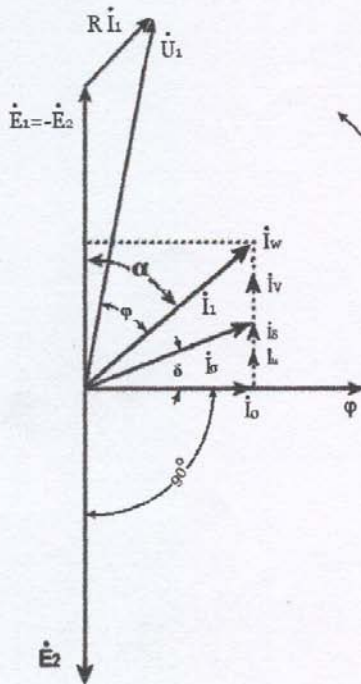
Τα ρεύματα αυτά είναι:

$$I_v = \frac{E_2}{R_v}$$

$$I_w = \frac{E_2}{R_w} \quad (2)$$

Όπου R_v και R_w οι ωμικές αντιστάσεις του βολτομέτρου και του πηνίου τάσης του βαττομέτρου.

Προσθέτοντας στο I_σ τα I_v και I_w προσδιορίζουμε την συνολική ένταση του πρωτεύοντος I_1 που μπορεί να μετρηθεί με το αμπερόμετρο.



Για την εύρεση της τάσης του πρωτεύοντος U_1 βρίσκουμε πρώτα την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη E_1 (ανάστροφη της E_2).

Ίση σε μέτρο και με διαφορά φάσεως 180° με την (E_2) , το εν κενό ρεύμα είναι πολύ μικρό.

Κατόπιν προσθέτουμε την ωμική πτώση τάσης στο πρωτεύον τύλιγμα $R I_1$ που είναι σε φάση με το ρεύμα I_1 (λόγω μικρής σκέδασης η αντίστοιχη επαγωγική πτώση τάσης του πρωτεύοντος παραλείπεται).

Η ένταση I_1 σχηματίζει με την E_1 γωνία α και με τη U_1 γωνία φ .

Σχήμα 2

Η ένδειξη του βαττομέτρου θα είναι:

$$W = E_2 \times I_1 \times \sigma \nu \alpha \quad (3)$$

θα περιλαμβάνει και τις απώλειες του βολτομέτρου και του πηνίου τάσης του βαττομέτρου που σύμφωνα με τη σχέση (2) είναι:

$$E_2 \times I_v = \frac{E_2^2}{R_v} \quad \text{και} \quad E_2 \times I_w = \frac{E_2^2}{R_w} \quad (4)$$

Επομένως για την εύρεση των απωλειών του πυρήνα W_π πρέπει να αφαιρέσουμε από την ένδειξη του βαττομέτρου τις απώλειες των οργάνων, είναι δηλαδή:

$$W_\pi = W - \frac{E_2^2}{R_v} - \frac{E_2^2}{R_w} \quad \text{ή} \quad W_\pi = W - E_2^2 \left(\frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_w} \right) \quad (6)$$

Μεταβάλλοντας την τάση U_1 και κατά συνέπεια τις E_1, E_2 μπορούμε εφαρμόζοντας τους τύπους (5) και (1) να βρούμε αντίστοιχες τιμές των W_π και B_m και να χαράξουμε καμπύλη που παριστάνει την συνάρτηση $W_\pi = f(B_m)$

Διαιρώντας την W_{π} δια του βάρους του πυρήνα σε **Kgr** βρίσκουμε την ζητούμενη ειδική κατανάλωση $W_{\pi E}$ υλικού σε **Watt / kgr** για διάφορες τιμές του B_m .

Παρατήρηση :

Οι απώλειες υστέρησης για κοινά ελάσματα των μηχανών είναι περίπου

$$P_u = 0.45 + 2.225 \left(\frac{W}{Kgr} \right)$$

Το B στους **M/Σ** κυμαίνεται μεταξύ **1,3 + 1,7 Tesla** όταν οι απώλειες υστέρησης είναι

$$P_u = B^2 = 1.3$$

$$\text{Τότε } P_u = B^2$$

Για την πραγματοποίηση της άσκησης πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία:

1. Επιλογή οργάνων:

- α. Βολτόμετρο μέτρησης R_{ms} τιμής V (ηλεκτροδυναμικό ή κινητού πηνίου).
Κλίμακες : 75 - 150 - 300 V, κλάση 0,5
- β. Βολτόμετρο μέτρησης μέσης τιμής V_M (με ενσωματωμένο ανορθωτή).
Κλίμακες : 30 - 75 - 150 V, κλάση 0,5
- γ. Ηλεκτροδυναμικό βατόμετρο, + $\cos\phi = 0,2$
Κλίμακες : 2,5 - 5 A / 30 - 75 - 150 V, κλάση 0,5
- δ. Παλμικού τύπου συχνόμετρο ή ηλεκτρονικό.
- ε. Αμπερόμετρο κινητού σιδήρου.
Κλίμακες : 0,5 - 2 - 10 A, κλάση 0,5

2. Υπολογισμός της τομής του σιδήρου δικτυώματος :

Η περιοχή της εγκάρσιας τομής A_s του δείγματος είναι :

$$A_s = \frac{m}{d \times L} [m^2] \quad (1)$$

όπου : m = μάζα δείγματος (Kgr)

d = πυκνότητα $\left(\frac{Kgr}{m^3} \right)$

L = μήκος ελασμάτων (m)

3. Υπολογισμός της τάσης τροφοδοσίας σχέση (1).

4. Πραγματοποιούμε την συνδεσμολογία του σχήματος 1.

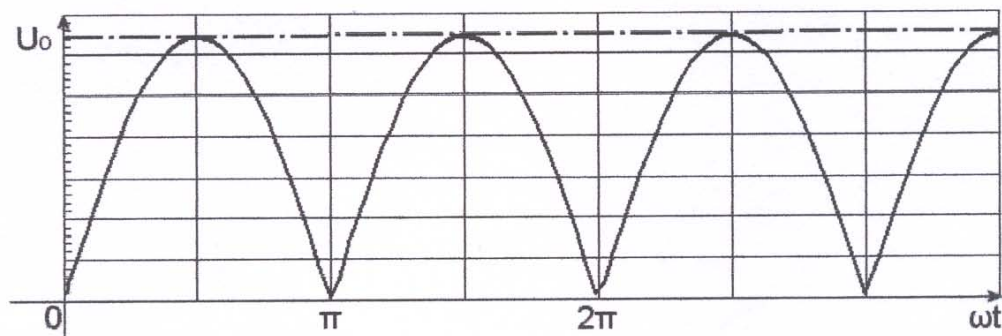
5. Ρυθμίζουμε την τάση έτσι ώστε προσεγγίσει την τιμή που αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή της επαγωγής που έχουμε εκλέξει σαν συνθήκες του πειράματος σύμφωνα με τη σχέση (1).

6. Η θερμοκρασία του δείγματος θα πρέπει να είναι $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Ταυτόχρονα διαβάζουμε :

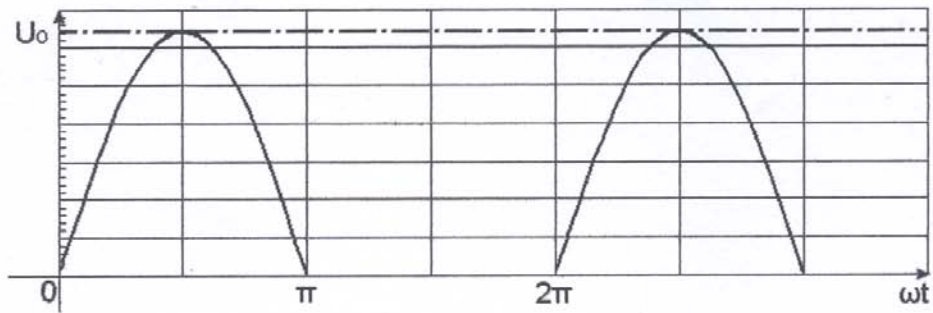
- Συχνότητα (Hz) με το συχνόμετρο $f = \dots\dots\dots$
- Ισχύ P (W) με το βατόμετρο $W = \dots\dots\dots$
- Τάση R_{ms} U (V) με το βολτόμετρο $V = \dots\dots\dots$
- Μέση τάση U (V) με το βολτόμετρο $V_{max} = \dots\dots\dots$

όπου $m =$ απλή μάζα (kg)
 $N_1 =$ σπείρες πρωτεύοντος
 $N_2 =$ σπείρες δευτερεύοντος
 $P_v =$ απώλειες στα βολτόμετρα, στην αντίσταση του πηνίου τάσεως του βατομέτρου, και στο βολτόμετρο \bar{U} .
 $R_v, R_m, R_w,$ είναι οι αντιστάσεις των πηνίων.



$$\text{ενώ } \bar{U}_{av} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_0 \times \sin \omega t d(\omega t) = 0.637 U_0$$

$$\text{όπου } U_0 = U_{rms} \sqrt{2}$$



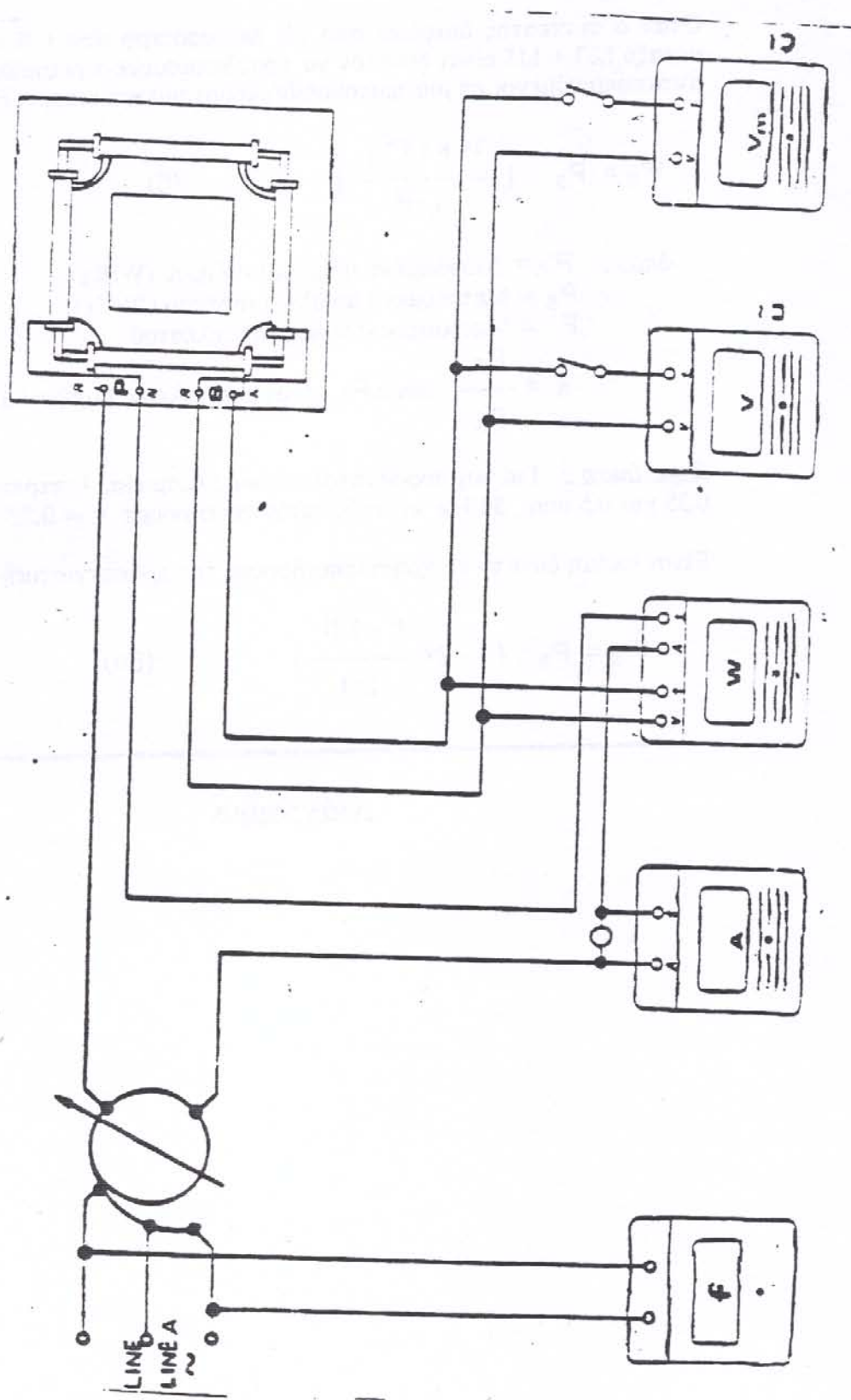
$$\text{ενώ } \bar{U}_{av} = \left[\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_o \times \sin \omega t d(\omega t) + \int_0^{2\pi} 0 d(\omega t) \right] = 0.318U_o$$

Με τις μετρημένες τιμές υπολογίζουμε της απώλειες του δείγματος αφού πρώτα υπολογίσουμε της απώλειες στα πηνία βολτομέτρου, βαττομέτρου και βολτομέτρου \bar{U} .

$$P_V = U^2 \times \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_w} \right)$$

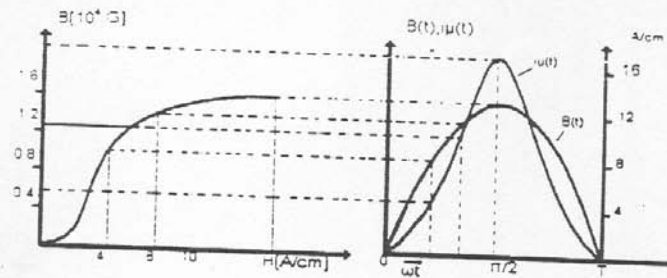
$$P_s = \frac{1}{m} \times \left(p \times \frac{N_1}{N_2} - P_V \right) \quad \left[\frac{w}{kg} \right] \quad (2)$$

Διάγραμμα



ΡΕΥΜΑ ΜΑΓΝΗΤΙΣΗΣ - ΒΡΟΧΟΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

I. ΡΕΥΜΑ ΜΑΓΝΗΤΙΣΗΣ



ΣΧ.1

- Όταν ένας ΜΙΣ τροφοδοτείται με Ε.Ρ., δηλαδή το πρωτεύον δέχεται τάση εναλλασσόμενη, τότε η μαγνητική επαγωγή $B(t)$ και η μαγνητική ροή $\Phi(t)$ έχουν μορφή επίσης εναλλασσόμενη. Η μορφή όμως της καμπύλης του ρεύματος μαγνήτισης $i_{\mu}(t)$ δεν είναι ημιτονοειδής όπως της τάσεως ή της μαγνητικής επαγωγής ή της μαγνητικής ροής (Βλέπε σχ. 1). Τούτο οφείλεται στη μαγνητική χαρακτηριστική $B = f(H)$.

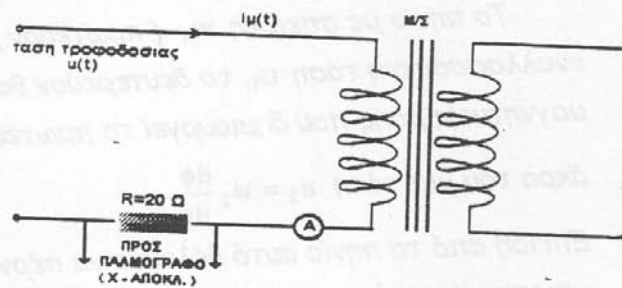
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1 για μια ορισμένη τιμή της $B(t)$ αντιστοιχεί επίσης μία ορισμένη τιμή (H) που καθορίζει και την τιμή της εντάσεως του ρεύματος μαγνήτισης $i_{\mu}(t)$. Με τη βοήθεια λοιπόν της μαγνητικής χαρακτηριστικής $B = f(H)$ και της ημιτονοειδούς καμπύλης $B(t)$ που προήλθε από ημιτονοειδή τάση $u(t)$

κατασκευάζουμε τη καμπύλη του ρεύματος μαγνήτισης $I_m(t)$ όπως στο σχήμα 1.

Η εστιγμένη γραμμή λαμβάνει υπόψη της το βρόχο υστέρησης.

ΠΕΙΡΑΜΑ:

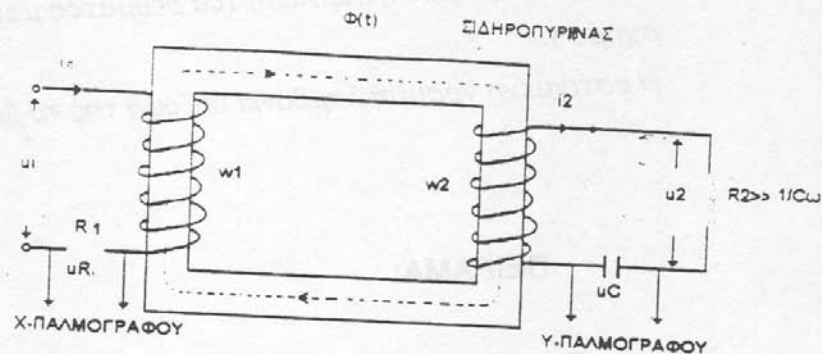
-Εκτελέστε τη συνδεσμολογία του σχήματος 2 και δείξτε στον παλμογράφο το ρεύμα μαγνήτισης.



ΣΧ. 2

II. ΒΡΟΧΟΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

Μπορούμε να πάρουμε ποιοτικά και ποσοτικά την καμπύλη μαγνήτισης, η μαγνητική χαρακτηριστική $B = f(H)$ ενός σιδηρομαγνητικού υλικού (π.χ. του πυρήνα Μ/Σ) με την πιο κάτω συνδεσμολογία του ΣΧ. 3.



ΣΧ. 3

Το πηνίο με σπείρες w_1 (πρωτεύον) θα τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενη τάση u_1 , το δευτερεύον θα δεχτεί τις μεταβολές της μαγνητικής ροής που δημιουργεί το πρωτεύον και θα αναπτύξει στα άκρα του μια τάση $u_2 = w_2 \frac{d\phi}{dt}$.

Επειδή από το πηνίο αυτό θέλουμε να πέρνουμε τις μεταβολές της μαγνητικής επαγωγής $B(t)$ ή της μαγνητικής ροής $\Phi(t)$ (διότι $\Phi(t) = S_{Fe} \cdot B(t)$) δηλαδή της $\Phi(t) = \frac{1}{w_2} \int u_2 dt$ χρησιμοποιούμε ένα στοιχείο ($R_2 - C$) με $R_2 \gg \frac{1}{C\omega}$ ώστε το δευτερεύον πηνίο να βρίσκεται πρακτικά χωρίς φορτίο.

Για τη τάση u_0 , στο πυκνωτή έχουμε $U_2 \approx U_R$ $U_C = \frac{1}{C} \int i_2 dt$ και με

$$u_2 = R_2 i_2 \quad \text{ή} \quad i_2 = u_2 / R_2$$

$$U_C = \frac{1}{C} \int \frac{U_2}{R_2} dt = \frac{1}{R_2 C} \int U_2 dt = \frac{W_2}{R_2 C} \cdot \Phi(t) \approx \frac{W_2}{R_2 C} \cdot S_{Fe} \cdot B(t)$$

Δηλαδή η τάση στα άκρα του πυκνωτή είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής $\Phi(t)$ ή της μαγνητικής επαγωγής $B(t)$.

Για τη τάση u_R στο πρωτεύον ισχύει :

$u_{R1} = i_{10} R_1 \cong i_{\mu}(t) R_1$ (διότι $i_{10} = i_{\mu}$) δηλαδή είναι ανάλογη του ρεύματος μαγνήτισης i_{10} . Από το νόμο του διαρρεύματος κατά μήκος της εστιγμένης γραμμής ($\Phi(t)$) στο σχήμα 3 θα είναι $i_{10} w_1 = H(t) l_{Fe}$. το μήκος της μαγνητικής γραμμής που συμπίπτει με το μέσο μήκος της περιμέτρου του πλαισίου του σιδηροπυρήνα.

Έτσι είναι $H(t) = \frac{i_{10} w_1}{l_{Fe}} \approx i_{10}$, άρα και $U_{R1} = H(t)$.

ΒΑΘΜΟΝΟΜΙΣΗ ΑΞΟΝΩΝ Χ-Υ ΣΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ:

Οι αποκλίσεις στον παλμογράφο είναι ανάλογες των μέγιστων τιμών των προς μέτρηση μεγεθών.

Για το λόγο αυτό η βαθμονόμιση θα γίνει με μεγέθη των οποίων εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέγιστη τιμή (π.χ. **E.P.** ή τάση).

Στη περίπτωση τη δική μας η βαθμονόμιση θα γίνει :

α) Για τον Χ- άξονα με **E.P.** $i_{10}(t)$ του οποίου θα μετρήσουμε μ'ένα αμπερόμετρο την ενεργό τιμή I και θα υπολογίσουμε τη μέγιστη τιμή

από τη σχέση $\hat{I}_{\max} = \sqrt{2} \cdot I$.

Επειδή $H = \frac{w_1}{l_{Fe}} \hat{I}$ (μέγιστη ένταση μαγν. πεδίου) ή $H = \frac{w_1}{l_{Fe}} \hat{I}$ και

$$\beta = \frac{1}{\omega \cdot w_2 S_{Fe}} \hat{U}_{20} = \frac{\sqrt{2} U_{20}}{\omega \cdot w_2 S_{Fe}}$$

ορίζω συντελεστές κλίμακας:

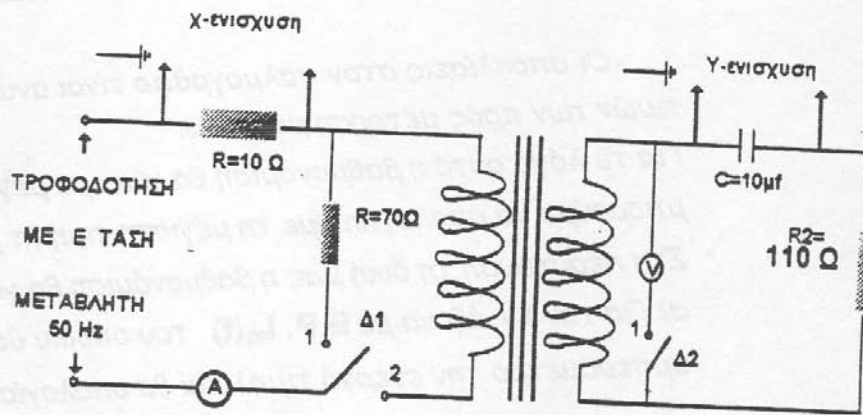
$$m_b = \frac{\beta}{\Delta Y} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{20}}{w_2 \cdot \omega \cdot S_{Fe} \cdot \Delta Y} \text{ για τη μαγνητική επαγωγή}$$

$$m_b = \frac{H}{\Delta X} = \frac{\sqrt{2} \cdot w_1 \cdot I}{l_{Fe} \cdot \Delta X} \text{ για την ένταση μαγν. πεδίου}$$

με ΔY και ΔX τις αποκλείσεις σε (cm) των αξόνων X και Y του παμογράφου για τις μέγιστες τιμές των μεγεθών που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση

ΠΕΙΡΑΜΑ: ΛΗΨΗ ΒΡΟΧΟΥ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ

Για τη λήψη του βρόχου υστέρησης θα χρησιμοποιήσουμε τη πάρα κάτω συνδεσμολογία:



ΣΧ. 4

ΠΟΡΕΙΑ:

- 1) 1. Βαθμονόμηση X -άξονα

- 1α. Ο διακόπτης Δ_1 στη θέση
 1β. Η αντίσταση R_1 θα παραμείνει σταθερή
 1γ. Μετρήστε για ρεύμα βαθμονόμησης $I \approx 0.25\text{A}$ απόκλιση ΔX σε cm.
 2. Βαθμονόμιδη Y άξονα
 2α. Διακόπτης Δ_1 στη θέση 2
 2β. Μετρήστε τη κατακόρυφη απόκλιση ΔY σε cm για τάση $U_{20} \approx 20[\text{V}]$
 3. Υπολογίστε συντελεστές κλίμακας $[m_b]$ και $[m_h]$

- II) 4. Μέτρηση του βρόχου υστέρησης
 4α. Με τάση U_{20} τέτοια ώστε να λαμβάνουμε ικανοποιητικό βρόχο υστέρησης όταν ο διακόπτης Δ_1 βρίσκεται στη θέση Δ_2 μετράμε τη τάση U_{20} θέτοντας μόνο για το σκοπό αυτό το διακόπτη Δ_2 στη θέση 1
 4β. Για διάφορα σημεία της καμπύλης (βρόχου) μετράμε σε cm τις συντεταγμένες X, Y .
 4γ. Υπολογίστε για τα σημεία αυτά (του 4β) την ένταση μαγνητικού πεδίου H σε A/cm και τη μαγνητική επαγωγή σε KG .
 4δ. Σχεδιάστε με κλίμακα την $B=f(H)$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

1. Για τα μαγνητικά μεγέθη όταν γράφουμε B ή H εννοούμε πάντα τη μέγιστη τιμή.
2. Στον υπολογισμό της διατομής του σιδήρου S_{Fe} θα ληφθεί υπόψη ότι 10% είναι μόνωση.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχ.4 στην σελίδα 84 ώστε να λάβετε το βρόχο υστέρησης στο παλμογράφο
2. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα της γέφυρας EPSTEIN με τα όργανα μέτρησης που φαίνονται στην σελίδα 79 και στο σχήμα 1 της σελίδας 74.
3. Ακολουθήστε την διαδικασία που περιγράφεται στις σελίδες 76-79 λαμβάνοντας υπόψιν ότι :
 - $m=7.785 \text{ gr}$
 - $d= 7,65 \text{ gr/cm}^3$
 - $L= 4 \times 50\text{cm}$
 - $R_w =$ αντίσταση πηνίου τάσης βαττομέτρου =
 - $R_u =$ αντίσταση πηνίου τάσης βολτομέτρου =
4. Υπολογίστε αναλυτικά την εγκάρσια διατομή του δείγματος, την τάση τροφοδοσίας, τις συνολικές απώλειες των πηνίων των οργάνων και τέλος τις απώλειες σιδήρου σε W/Kgr.

ΑΣΚΗΣΗ 8^H :

ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΜΙΑΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ Η ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η ακολουθία των φάσεων μιας τριφασικής πηγής ορίζεται από την χρονική σειρά που οι τρεις πολικές τάσεις διαδέχονται η μία την άλλη, δηλαδή από τη σειρά που πέρνουν τις μέγιστες θετικές τιμές τους.

Η γνώση της ακολουθίας των φάσεων σε μια τριφασική γραμμή είναι απαραίτητη όταν πρόκειται να συνδεθούν παράλληλα τριφασικές γραμμές ή όταν πρέπει εκ των πρότερων να είναι γνωστή η διεύθυνση περιστροφής μεγάλων κινητήρων ή γεννητριών. Επίσης η γνώση ακολουθίας των φάσεων είναι απαραίτητη όταν πρόκειται να λειτουργήσουμε τριφασικές συσκευές μετρήσεων όπως π.χ. μετρητές έργου ισχύος, ρελέ ακολουθίας κ.λ.π.

Αν η ακολουθία των φάσεων δεν είναι ελεγμένη, οι ενδείξεις των συσκευών αυτών μπορεί να είναι τελείως διαφορετικές από τις πραγματικές.

Η ακολουθία των φάσεων συνήθως σημειώνεται πάνω στους ζυγούς.

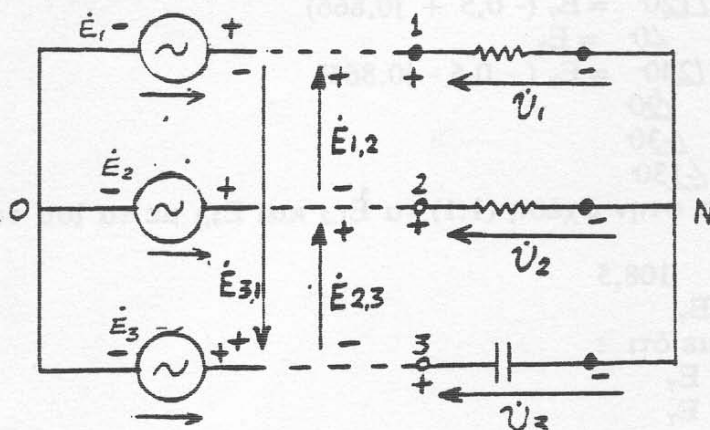
Μπορεί όμως εύκολα να προσδιοριστεί με τη χρήση ενός οργάνου που ονομάζεται ενδεικτής διαδοχής φάσεων (phase sequense indicator).

Ο τρόπος λειτουργίας του ενδεικτή διαδοχής φάσεων περιγράφεται πιο κάτω.

Για να προσδιορίσουμε λοιπόν την ακολουθία των φάσεων μιας τριφασικής πηγής συνδέουμε στους ακροδέκτες της 1, 2 και 3 τριφασικό φορτίο σε αστέρα (σχήμα 1.1) όπου οι δύο κλάδοι είναι καθαρά ωμικοί και ο άλλος χωριτικός. Θα πρέπει να ισχύει:

$$R_1 = R_2 = X_c \quad [\Omega]$$

$$\text{όπου : } X_c = 1/\omega c$$



Σχήμα 1.1

Για το κύκλωμα του σχήματος 1.1 έχουμε:

$$|E_{11}| = |E_{21}| = |E_{31}| = |E_{\phi}| \quad (\text{ενεργές τιμές των φασικών τάσεων})$$

$$|E_{1,2}| = |E_{2,3}| = |E_{3,1}| = E_{\gamma} = \sqrt{3} E_{\phi} \quad (\text{ενεργές τιμές των πολικών τάσεων}).$$

Η εφαρμογή του Θεωρήματος Millman μας δίνει:

$$\dot{U}_{N0} = \frac{\dot{E}_1 (1/R_1) + \dot{E}_2 (1/R_2) + \dot{E}_3 (1/-jX_c)}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/-jX_c} = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_2 + j\dot{E}_3}{2+j}$$

$$\begin{aligned} \text{Έχουμε όμως ότι} & : \dot{U}_{N0} = \dot{E}_1 - \dot{U}_1 \\ & \eta \quad : \dot{U}_1 = \dot{E}_1 - \dot{U}_{N0} \end{aligned}$$

Αντικαθιστούμε στην τελευταία σχέση την τάση \dot{U}_{N0} με το ίσο της και καταλήγουμε στην σχέση :

$$\dot{U}_1 = \frac{\dot{E}_{1,2} - j\dot{E}_{3,1}}{2+j} \quad (1.1)$$

αφού λάβουμε υπόψη μας ότι :

$$\begin{aligned} \dot{E}_{1,2} &= \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \\ \dot{E}_{2,3} &= \dot{E}_2 - \dot{E}_3 \\ \dot{E}_{3,1} &= \dot{E}_3 - \dot{E}_1 \end{aligned}$$

και

Πολύ εύκολα μπορούμε επίσης να υπολογίσουμε τις τάσεις \dot{U}_2 και \dot{U}_3 , δηλαδή :

$$\dot{U}_2 = \frac{j\dot{E}_{2,3} - \dot{E}_{1,2}}{2+j} \quad (1.2)$$

$$\dot{U}_3 = \frac{\dot{E}_{3,1} - \dot{E}_{2,3}}{2+j} \quad (1.3)$$

Έστω ότι η ακολουθία των φάσεων της πηγής είναι θετική δηλαδή (1-2-3) ή (2-3-1) ή (3-1-2).

Για αυτή την ακολουθία γνωρίζουμε ότι :

$$\begin{aligned} \dot{E}_{1,2} &= E_\gamma \angle 120^\circ = E_\gamma (-0,5 + j0,866) \\ \dot{E}_{2,3} &= E_\gamma \angle 0^\circ = E_\gamma \\ \dot{E}_{3,1} &= E_\gamma \angle 240^\circ = E_\gamma (-0,5 - j0,866) \\ \dot{E}_1 &= E_\phi \angle 90^\circ \\ \dot{E}_2 &= E_\phi \angle -30^\circ \\ \dot{E}_3 &= E_\phi \angle -130^\circ \end{aligned}$$

Αντικαθιστούμε στην σχέση (1.1) τα $\dot{E}_{1,2}$ και $\dot{E}_{3,1}$ με τα ίσα τους και έχουμε ότι :

$$\dot{U}_1 = 0,86 E_\gamma \quad 108,5$$

$$|\dot{U}_2| = U_1 = 0,86 E_\gamma$$

όμοια βρίσκουμε ότι :

$$|\dot{U}_2| = U_2 = 0,23 E_\gamma$$

$$|\dot{U}_3| = U_3 = 0,77 E_\gamma$$

Παρατηρούμε ότι :

$$U_1 \gg U_2$$

Έστω τώρα ότι η ακολουθία των φάσεων της πηγής είναι αρνητική δηλαδή (3-2-1) ή (2-1-3) ή (1-3-2).

Για αυτή την ακολουθία γνωρίζουμε ότι :

$$E_{1,2} = E_\gamma \angle 240^\circ$$

$$\dot{E}_{2,3} = E_\gamma \angle 0^\circ$$

$$\dot{E}_{3,1} = E_\gamma \angle 120^\circ$$

$$\dot{E}_1 = E_\phi \angle -90^\circ$$

$$\dot{E}_2 = E_\phi \angle 30^\circ$$

$$\dot{E}_3 = E_\phi \angle 150^\circ$$

Από τις σχέσεις (1.1) , (1.2) , (1.3) βρίσκουμε ότι :

$$|\dot{U}_1| = U_1 = 0,23 E_\gamma$$

$$|\dot{U}_2| = U_2 = 0,86 E_\gamma$$

$$|\dot{U}_3| = U_3 = 0,77 E_\gamma$$

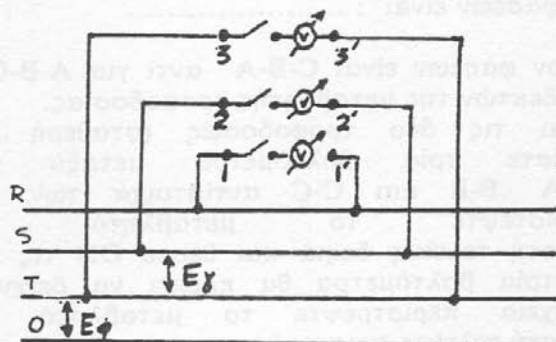
Παρατηρούμε ότι :

$$U_1 < U_2 \quad (1.5)$$

Από τις σχέσεις (1.4) και (1.5) καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όταν στο κύκλωμα του σχήματος 1.1 μετράμε τάση U_1 μεγαλύτερη από την U_2 τότε η ακολουθία των φάσεων της πηγής είναι θετική, ενώ όταν μετράμε τάση U_2 μεγαλύτερη από την U_1 τότε η ακολουθία των φάσεων της πηγής είναι αρνητική.

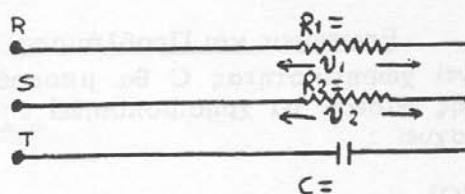
Πως όμως μπορούμε να κάνουμε έλεγχο της αντιστοιχίας των φάσεων όταν η τροφοδοσία είναι κοινή ;

Έστω R,S,T οι φάσεις του δικτύου τροφοδοσίας και Ο ουδέτερος .Αν οι φάσεις 1 και 1', 2 και 2', 3 και 3' είναι αντιστοιχες , τα βολτόμετρα δείχνουν μηδέν (όπως στο σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2

Αν αντίθετα για κάποιες φάσεις δεν υπάρχει αντιστοιχία τότε τα βολτόμετρα δείχνουν την τάση γραμμής E_γ .



Σχ. 1.3

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Χρησιμοποιώντας δύο όμοιες αντιστάσεις γύρω στα Ω και ένα πυκνωτή ($\chi_c = \dots\dots\dots \Omega$), συνδέστε το κύκλωμα του σχήματος 1.3.
Προσέξτε τα τρία στοιχεία R_1, R_2 και C να είναι συνδεδεμένα σε Y στους ακροδέκτες A, B, C της σταθερής τροφοδοσίας.
2. Μετρήστε τις τάσεις U_1 και U_2 .

$$U_1 = \dots\dots\dots$$

$$U_2 = \dots\dots\dots$$

3. Προσδιορίστε την ακολουθία των φάσεων της πηγής (A-B-C) ή (C-B-A) από τις σχετικές τιμές των U_1 και U_2 .

Η ακολουθία των φάσεων είναι:

4. Εάν η ακολουθία των φάσεων βρεθεί να είναι C-B-A αλλάξτε τότε την ονομασία των ακροδεκτών της σταθερής τροφοδοσίας ώστε να γίνει A-B-C.

Σημείωση : Είναι πιο εύκολο να θυμάται κάποιος την ακολουθία των φάσεων όταν είναι A-B-C.

Σε όλες τις επόμενες εργαστηριακές ασκήσεις θα υποθέσουμε ότι οι τροφοδοσίες έχουν αυτή την ακολουθία των φάσεων.

5. Συνδέστε το κύκλωμα του σχήματος 1.4 στους ακροδέκτες A, B, C της μεταβλητής τροφοδοσίας και προσδιορίστε την ακολουθία των φάσεων της.

Η ακολουθία των φάσεων είναι :

Αν η ακολουθία των φάσεων είναι C-B-A αντί για A-B-C, αλλάξτε την ονομασία των ακροδεκτών της μεταβλητής τροφοδοσίας.

6. Θέστε OFF και τις δύο τροφοδοσίες (σταθερή και μεταβλητή). Συνδέστε τρία βολτόμετρα μεταξύ των ακροδεκτών A-A, B-B και C-C αντίστοιχα των δύο τροφοδοσιών. Περιστρέψτε το μεταβλητό του αυτομετασχηματιστή τελείως δεξιά και θέστε ON τις δύο τροφοδοσίες. Τα τρία βολτόμετρα θα πρέπει να δείχνουν μηδέν. Στη συνέχεια περιστρέψτε το μεταβλητό του αυτομετασχηματιστή τελείως αριστερά.

Τα τρία βολτόμετρα θα πρέπει να δείχνουν τάσεις γύρω στα 220 V. Ο σκοπός αυτού του τεστ είναι να βεβαιωθούμε ότι η τροφοδοσία του πάγκου λειτουργεί σωστά.

7. Χρησιμοποιώντας τον ενδεικτικό διαδοχής φάσεων PSI-150, προσδιορίστε και πάλι την ακολουθία των φάσεων των δύο τροφοδοσιών (σταθερής και μεταβλητής) και καταλήξτε στα ίδια αποτελέσματα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Εξετάστε αν αντί χωρητικότητας C θα μπορούσε στον ενδεικτικό διαδοχής φάσεων να χρησιμοποιηθεί επαγωγή L τέτοια ώστε να ισχύει :

$$R_1 = R_2 = X_L \quad [\Omega]$$

Υπολογίστε τότε για τάσεις U_1, U_2, U_3

- α) στη περίπτωση θετικής και β) στη περίπτωση αρνητικής ακολουθίας.
Τι παρατηρείτε;
2. Ποιος ο λόγος χρησιμοποίησης χωρητικότητας και όχι επαγωγής στους ενδείκτες διαδοχής φάσεων;
3. Μπορούμε να προσδιορίσουμε την ακολουθία των φάσεων μιας τριφασικής πηγής με παλμογράφο; Ο παλμογράφος σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να γειώνεται ή όχι;
Γιατί;

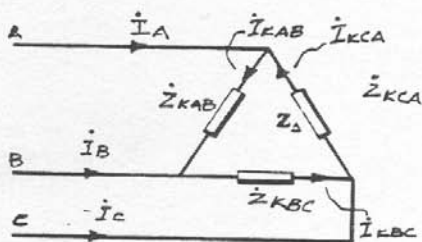
ΑΣΚΗΣΗ 9^H:

ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

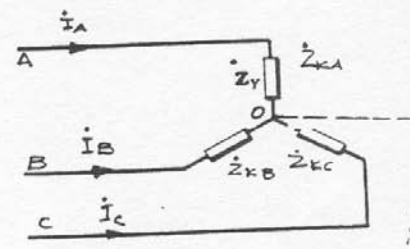
Α: Πραγματική και άεργος ισχύς σε συμμετρικά τριφασικά φορτία

Όταν οι μιγαδικές αντιστάσεις των κλάδων ενός συμμετρικού τριφασικού φορτίου συνδεδεμένο σε τρίγωνο ή αστέρα είναι ίσες, [σχ.1(α), 2(α)] θα είναι επίσης ίσα (κατά μέτρο) τα ρεύματα των κλάδων του φορτίου και τα ρεύματα των γραμμών τροφοδοσίας, ενώ το ρεύμα του ουδέτερου (αν υπάρχει) θα είναι μηδέν. Κάθε κλάδος του συμμετρικού τριφασικού φορτίου απορροφά το 1/3 της τριφασικής ισχύος.



$$\begin{aligned} \dot{Z}_{KAB} &= \dot{Z}_{KBC} = \dot{Z}_{KCA} = \dot{Z}_{\Delta} \\ |I_A| &= |I_B| = |I_C| = I \\ |I_{KAB}| &= |I_{KBC}| = |I_{KCA}| = I_K \\ |V_{AB}| &= |V_{BC}| = |V_{CA}| = V_{\Pi} \end{aligned}$$

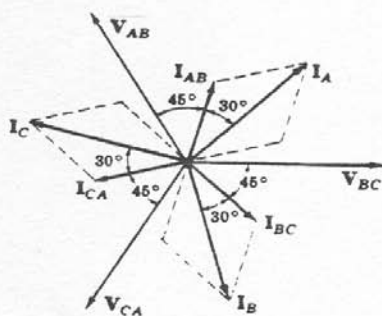
Σχ.1(α)



$$\begin{aligned} \dot{Z}_{KA} &= \dot{Z}_{KB} = \dot{Z}_{KC} = \dot{Z}_Y \\ I_N &= -(I_A + I_B + I_C) = 0 \\ |I_A| &= |I_B| = |I_C| = I \\ |V_{AN}| &= |V_{BN}| = |V_{CN}| = V_{\phi} \end{aligned}$$

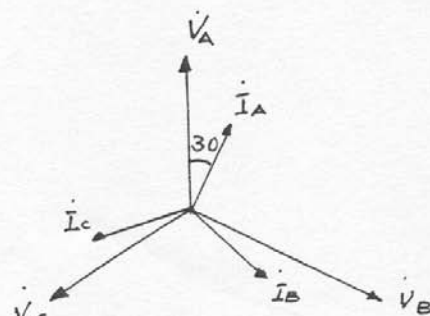
Σχ.2 (α)

Τα διαγράμματα των παραστατικών μιγάνδων για δεξιόστροφο σύστημα τροφοδοσίας ABC ή RST ή 123 είναι το Σχ.1(β), 2(β)



$$\dot{Z}_{KAB} = \dot{Z}_{KBC} = \dot{Z}_{KCA} = \dot{Z}_K \angle -45^\circ$$

Σχ.1(β)



$$\dot{Z}_{KA} = \dot{Z}_{KB} = \dot{Z}_{KC} = \dot{Z}_K \angle -30^\circ$$

Σχ.2(β)

A₁: Φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο. (Σχ.1)

Η τάση στα άκρα κάθε κλάδου ισούται με τη πολική τάση, ενώ η γωνία μεταξύ του ρεύματος I_{κ} του κλάδου και της αντιστοιχης πολικής τάσεως, ισούται με τη γωνία της αντιστάσεως του κλάδου. Το μέτρο του ρεύματος I της γραμμής τροφοδοσίας δίνεται από τη σχέση :

$$I = \sqrt{3} I_{\kappa}$$

οπότε $P_{\kappa} = V_{\pi} I_{\kappa} \cos \varphi$

$$P_{3\varphi} = 3P_{\kappa} = 3 V_{\pi} I_{\kappa} \cos \varphi = 3V_{\pi} (I/\sqrt{3}) \cos \varphi = \sqrt{3} V_{\pi} I \cos \varphi$$

$$Q_{\kappa} = V_{\pi} I \sin \varphi$$

$$Q_{3\varphi} = 3Q_{\kappa} = 3V_{\pi} I \sin \varphi = 3V_{\pi} (I/\sqrt{3}) \sin \varphi = \sqrt{3} V_{\pi} I \sin \varphi$$

$$S_{3\varphi} = \sqrt{(P_{3\varphi}^2 + Q_{3\varphi}^2)} = \sqrt{3} V_{\pi} I$$

Όπου : P = Πραγματική ισχύς που μετριέται σε w, Kw Mw, Gw

Q = Άεργος ισχύς που μετριέται σε Var ή VAR, KVA_r, MVA_r

S = Φαινόμενη ισχύς που μετριέται σε VA, KVA, MVA

A₂: Φορτίο συνδεδεμένο σε αστέρα (Σχ.2)

Η τάση στα άκρα κάθε κλάδου ισούται με τη φασική τάση. Το ρεύμα κάθε κλάδου ισούται με το ρεύμα της αντιστοιχης γραμμής τροφοδοσίας και η γωνία μεταξύ της τάσεως στα άκρα του κλάδου και του ρεύματος μέσα από αυτόν ισούται με τη γωνία της αντιστάσεως του κλάδου.

Οπότε :

$$P_{\kappa} = V_{\varphi} I \cos \varphi$$

$$P_{3\varphi} = 3 P_{\kappa} = 3 V_{\varphi} \cdot I \cos \varphi = 3(V_{\pi} / \sqrt{3}) \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I \cos \varphi$$

και :

$$Q_{\kappa} = V_{\varphi} \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$Q_{3\varphi} = 3Q_{\kappa} = 3 \cdot V_{\varphi} \cdot I \sin \varphi = 3 (V_{\pi} / \sqrt{3}) \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I \cdot \sin \varphi$$

B. Πραγματική άεργος ισχύς σε ασύμμετρα τριφασικά φορτία.

Οι μιγαδικές αντιστάσεις των κλάδων δεν είναι ίσες μεταξύ τους, οπότε τα ρεύματα των κλάδων και των γραμμών δεν είναι ίσα μεταξύ τους. Η τριφασική πραγματική και άεργος ισχύς ισούται με το άθροισμα των ισχύων των τριών κλάδων.

B₁. Φορτίο συνδεδεμένο σε σύστημα τεσσάρων αγωγών (Σχ.3)

$$\dot{V}_{ON} = 0$$

$$A_N : Z_{\text{ουδετέρηση}} = 0$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{kA} = \dot{V}_{AN} / \dot{Z}_A$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{kB} = \dot{V}_{BN} / \dot{Z}_B$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{kC} = \dot{V}_{CN} / \dot{Z}_C$$

$$\dot{I}_N = -(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C)$$

και οι ισχύς είναι:

$$P_A = V_{AN} \cdot I_A \cdot \cos\phi_A$$

$$P_B = V_{BN} \cdot I_B \cdot \cos\phi_B$$

$$P_C = V_{CN} \cdot I_C \cdot \cos\phi_C$$

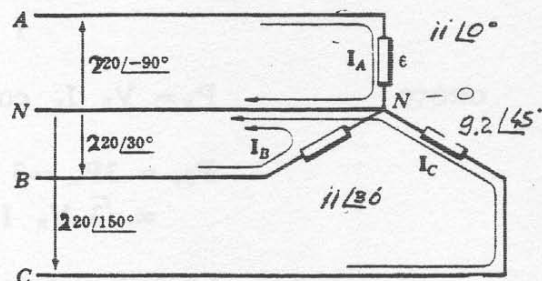
$$P_{3\phi} = P_A + P_B + P_C$$

$$Q_A = V_{CN} \cdot I_A \cdot \sin\phi_A$$

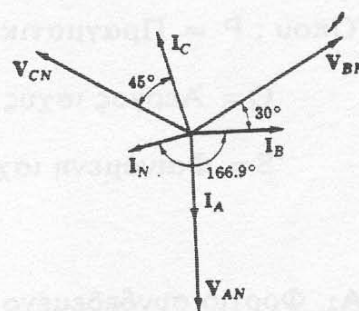
$$Q_B = V_{BN} \cdot I_B \cdot \sin\phi_B$$

$$Q_C = V_{CN} \cdot I_C \cdot \sin\phi_C$$

$$Q_{3\phi} = Q_A + Q_B + Q_C$$



Σχ. 3(α)



Σχ. 3(β)

B₂ Φορτίο συνδεδεμένο σε αστέρα σε σύστημα τριών αγωγών.

Στη περίπτωση αυτή έχουμε :

$$\dot{I}_A = \dot{V}_{AO} \cdot \dot{Y}_A$$

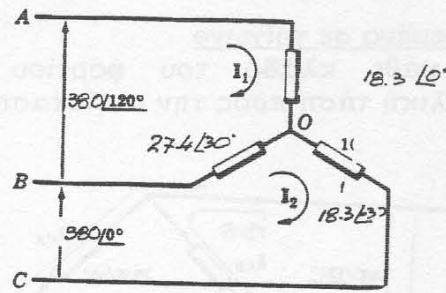
$$\dot{I}_B = \dot{V}_{BO} \cdot \dot{Y}_B$$

$$\dot{I}_C = \dot{V}_{CO} \cdot \dot{Y}_C$$

αλλά όπως είναι γνωστό :

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \quad \text{οπότε :}$$

$$\dot{V}_{AO} \cdot \dot{Y}_A + \dot{V}_{BO} \cdot \dot{Y}_B + \dot{V}_{CO} \cdot \dot{Y}_C = 0 \quad (1)$$



Σχ. 4 (α)

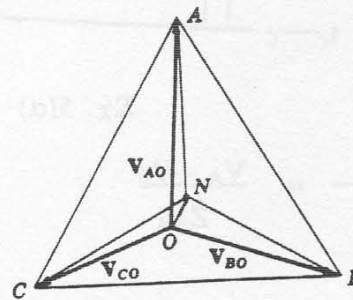
Από το Σχ.4 (β) έχουμε :

$$\dot{V}_{AO} = \dot{V}_{AN} + \dot{V}_{NO}$$

$$\dot{V}_{BO} = \dot{V}_{BN} + \dot{V}_{NO}$$

$$\dot{V}_{CO} = \dot{V}_{CN} + \dot{V}_{NO}$$

και η (1) γίνεται :



Σχ.4 (β)

$$(\dot{V}_{AN} + \dot{V}_{NO}) \dot{Y}_A + (\dot{V}_{BN} + \dot{V}_{NO}) \dot{Y}_B + (\dot{V}_{CN} + \dot{V}_{NO}) \dot{Y}_C = 0$$

και

$$\dot{V}_{ON} = \frac{\dot{V}_{AN} \dot{Y}_A + \dot{V}_{BN} \dot{Y}_B + \dot{V}_{CN} \dot{Y}_C}{\dot{Y}_A + \dot{Y}_B + \dot{Y}_C}$$

Έχουμε δηλαδή μετατόπιση του ουδέτερου σημείου του φορτίου ως προς το ουδέτερο σημείο της τροφοδοσίας.

Η πραγματική και άεργος τριφασική ισχύς είναι :

$$P_A = V_{AO} \cdot I_A \cdot \cos\phi_A$$

$$P_B = V_{BO} \cdot I_B \cdot \cos\phi_B$$

$$P_C = V_{CO} \cdot I_C \cdot \cos\phi_C$$

και

$$P_{3\phi} = P_A + P_B + P_C$$

Επίσης :

$$Q_A = V_{AO} \cdot I_A \cdot \sin\phi_A$$

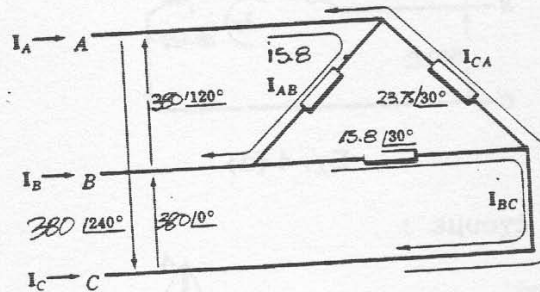
$$Q_B = V_{BO} \cdot I_B \cdot \sin\phi_B$$

$$Q_C = V_{CO} \cdot I_C \cdot \sin\phi_C$$

$$Q_{3\phi} = Q_A + Q_B + Q_C$$

Β₃ Φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο

Το ρεύμα σε κάθε κλάδο του φορτίου ισούται με την εφαρμοζόμενη πολική τάση προς την αντίσταση του κλάδου.



Σχ. 5(α)

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{\dot{Z}_{AB}} = \frac{\dot{V}_A - \dot{V}_B}{\dot{Z}_{AB}}$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{V}_{BC}}{\dot{Z}_{BC}} = \frac{\dot{V}_B - \dot{V}_C}{\dot{Z}_{BC}}$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{V}_{CA}}{\dot{Z}_{CA}} = \frac{\dot{V}_C - \dot{V}_A}{\dot{Z}_{CA}}$$

και

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} + \dot{I}_{AC} = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} + \dot{I}_{BA} = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} + \dot{I}_{CB} = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

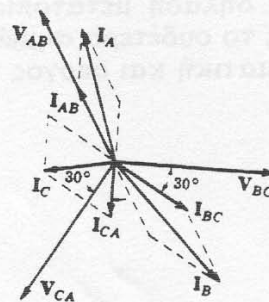
Για τις ισχύς έχουμε :

$$P_{AB} = V_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos\phi_{AB}$$

$$P_{BC} = V_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos\phi_{BC}$$

$$P_{CA} = V_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos\phi_{CA}$$

$$P_{3\phi} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$$



Σχ.5(β)

$$Q_{AB} = V_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \sin\phi_{AB}$$

$$Q_{BC} = V_{BC} \cdot I_{BC} \sin\phi_{BC}$$

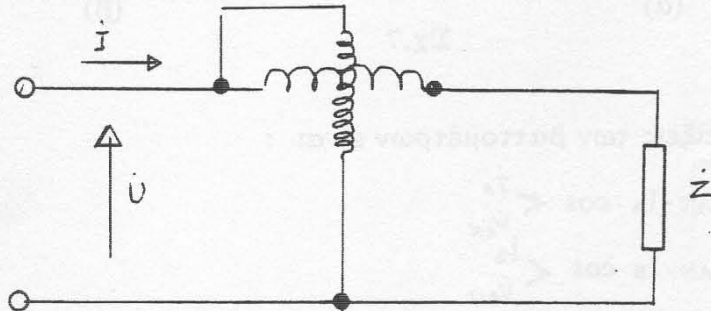
$$Q_{CA} = V_{CA} \cdot I_{CA} \sin\phi_{CA}$$

$$Q_{3\phi} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$$

Γ. Μέτρηση τριφασικής ισχύος

Η μέτρηση της πραγματικής ισχύος γίνεται με τα γνωστά όργανα, τα βαττόμετρα. Το βαττόμετρο (μονοφασικό) έχει δύο πηνία, ένα ρεύματος και ένα τάσεως όπως ακριβώς στο σχήμα 6.

Η ένδειξη του βαττομέτρου είναι το γινόμενο του μέτρου της τάσεως που εφαρμόζεται στο πηνίο τάσεως, επί το μέτρο του ρεύματος που περνάει από το πηνίο ρεύματος επί το συνημίτονο της φασικής διαφοράς μεταξύ τάσεως και ρεύματος.



Σχ.6

Για να μετρήσουμε την ισχύ ενός τριφασικού φορτίου χρησιμοποιούμε δύο ή τρία μονοφασικά βαττόμετρα όπως θα δούμε παρακάτω.

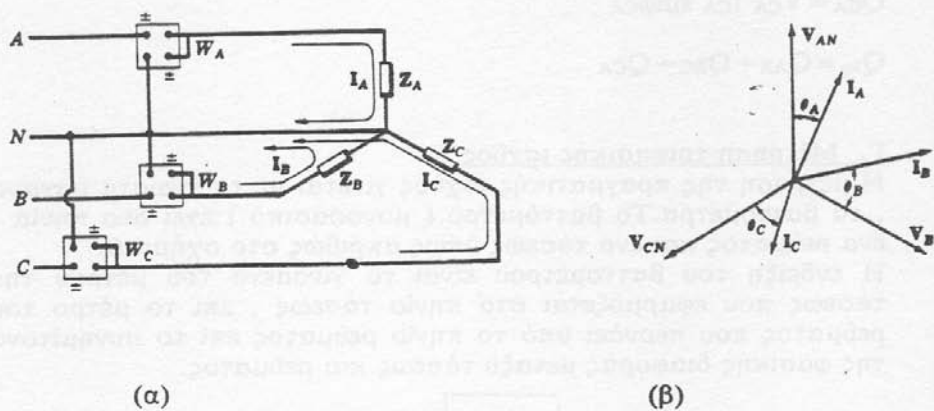
Υπάρχουν όμως και τριφασικά βαττόμετρα που η ένδειξη τους δείχνει απ'ευθείας την τριφασική ισχύ του συστήματος.

Γ₁ Μέτρηση πραγματικής τριφασικής ισχύος σε τριφασικό σύστημα τεσσάρων αγωγών (τρία βαττόμετρα). Σχ

Όταν έχουμε τριφασικό σύστημα τεσσάρων αγωγών (τρεις φάσεις και ο ουδέτερος) χρησιμοποιούμε τρία βαττόμετρα για να μετρήσουμε την ολική πραγματική ισχύ.

Φυσικά αν το φορτίο είναι συμμετρικό μπορούμε :

- α) ν'αγνοήσουμε τον ουδέτερο (αν θέλουμε) και να κάνουμε τη μέτρηση με δύο βαττόμετρα (παρ.Γ₂)
- β) να μετρήσουμε μόνο τη μία φάση και την ένδειξη να την πολ/σω επί τρία (3).



Σχ.7

Οι ενδείξεις των βαττομέτρων είναι :

$$\begin{aligned}
 W_A &= V_{AN} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{AN} \end{matrix} \\
 W_B &= V_{BN} \cdot I_B \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_B \\ \dot{V}_{BN} \end{matrix} \\
 W_C &= V_{CN} \cdot I_C \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_C \\ \dot{V}_{CN} \end{matrix}
 \end{aligned}$$

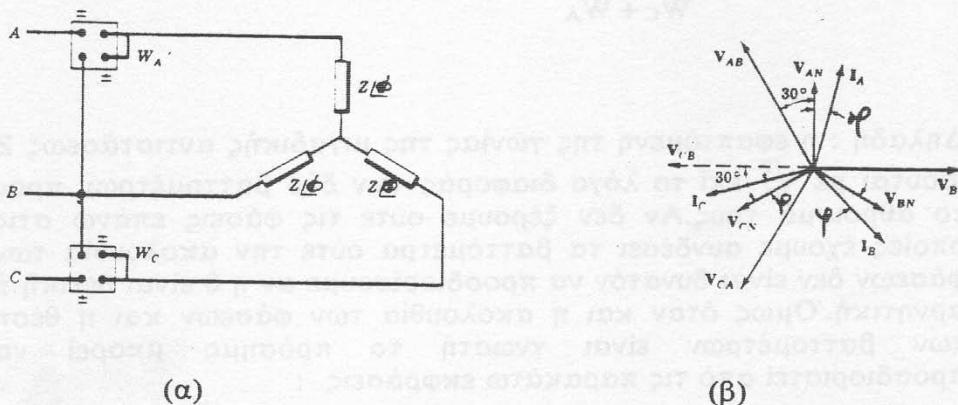
Η γωνία μεταξύ της τάσεως V_{AN} και του ρεύματος I_A ισούται με τη γωνία της αντίστασης Z_A , οπότε η ένδειξη του βαττομέτρου W_A στη φάση A ισούται με την ισχύ που τροφοδοτεί στο φορτίο η φάση A.

Οι ενδείξεις των βαττομέτρων W_B, W_C είναι ίσες με τη πραγματική ισχύ που τροφοδοτούν οι φάσεις B και C αντίστοιχα στο φορτίο. Οπότε :

$$W_A + W_B + W_C = P_A + P_B + P_C = P_{3\phi}$$

Γ2. Μέτρηση ισχύος (πραγματικής και άεργου) με δύο βαττόμετρα

1. Συμμετρικό φορτίο συνδεδεμένο σε αστέρα. Σχ.8α



Σχ.8

Το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων για ακολουθία φάσεων ABC και για επαγωγικό φορτίο φαίνεται στο σχήμα 13β.

Οι ενδείξεις των δύο βαττομέτρων είναι :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_A \cdot \cos \angle \text{between } V_{AB} \text{ and } I_A$$

και

$$W_C = V_{CB} \cdot I_C \cdot \cos \angle \text{between } V_{CB} \text{ and } I_C$$

Από το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων έχουμε :

$$\angle \text{between } V_{AB} \text{ and } I_A = 30^\circ + \varphi$$

και

$$\angle \text{between } V_{CB} \text{ and } I_C = 30^\circ - \varphi$$

Οπότε :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_A \cdot \cos(30 + \varphi)$$

και

$$W_C = V_{CB} \cdot I_C \cdot \cos(30 - \varphi)$$

Επειδή οι τάσεις τροφοδοσίας είναι συμμετρικές και το φορτίο είναι συμμετρικό έχουμε :

$$V_{AB} = V_{CB} = V_\pi$$

και

$$I_A = I_C = I$$

Οπότε :

$$W_A = V_\pi \cdot I \cdot \cos(30 + \varphi) = V_\pi \cdot I \cdot (\cos 30 \cos \varphi - \sin 30 \sin \varphi)$$

$$W_C = V_\pi \cdot I \cdot \cos(30 - \varphi) = V_\pi \cdot I \cdot (\cos 30 \cos \varphi + \sin 30 \sin \varphi)$$

Άρα :

$$W_A + W_C = 2 V_\pi \cdot I \cdot \cos \varphi = 2 \cdot V_\pi \cdot I \cdot (\sqrt{3} / 2) \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot V_\pi \cdot I \cdot \cos \varphi$$

και

$$W_C - W_A = 2 \cdot V_\pi \cdot I \cdot \sin 30 \sin \varphi = 2 \cdot V_\pi \cdot I \cdot (1/2) \sin \varphi = V_\pi \cdot I \sin \varphi$$

οπότε έχουμε τελικά

$$W_A + W_C = \sqrt{3} \cdot V_\pi \cdot I \cos \varphi = P_{3\varphi}$$

και Q_3

$$W_C - W_A = V_\pi \cdot I \sin \varphi = \frac{Q_{3\varphi}}{\sqrt{3}}$$

επίσης

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{W_C - W_A}{W_C + W_A} \right)$$

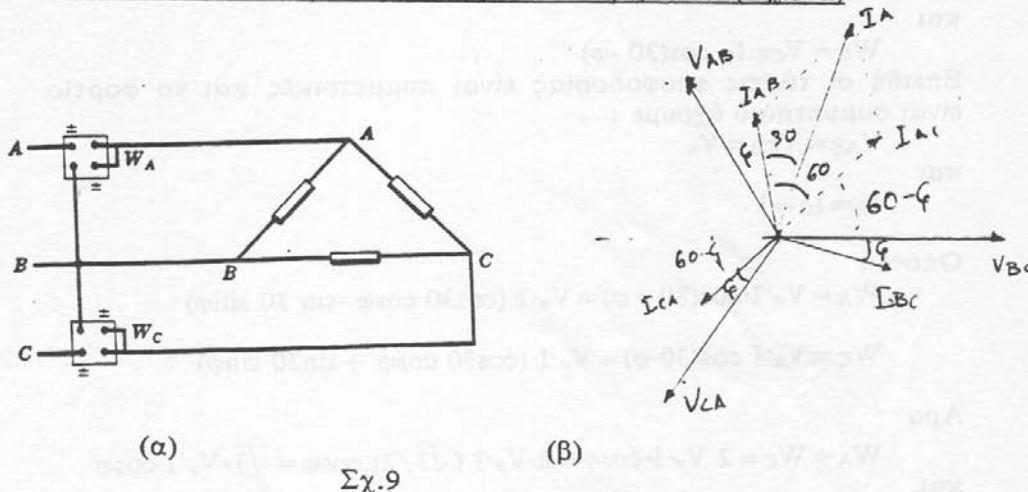
Δηλαδή : η εφαπτόμενη της γωνίας της μιγαδικής αντιστάσεως Z ισούται με $\sqrt{3}$ επί το λόγο διαφοράς των δύο βαττομέτρων προς το άθροισμά τους. Αν δεν ξέρουμε ούτε τις φάσεις επάνω στις οποίες έχουμε συνδέσει τα βαττόμετρα ούτε την ακολουθία των φάσεων δεν είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε αν η θ είναι θετική ή αρνητική. Όμως όταν και η ακολουθία των φάσεων και η θέση των βαττομέτρων είναι γνωστή το πρόσημο μπορεί να προσδιοριστεί από τις παρακάτω εκφράσεις :

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \frac{W_A - W_B}{W_A + W_B} = \sqrt{3} \frac{W_B - W_C}{W_B + W_C} = \sqrt{3} \frac{W_C - W_A}{W_C + W_A}$$

Για CBA ακολουθία :

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \frac{W_B - W_A}{W_B + W_A} = \sqrt{3} \frac{W_C - W_B}{W_C + W_B} = \sqrt{3} \frac{W_A - W_C}{W_A + W_C}$$

2. Συμμετρικό φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο. (Σχ.9 α)



(α)

(β)

Σχ.9

Οι ενδείξεις των βαττομέτρων είναι :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{AB} \end{matrix}$$

$$W_C = V_{CB} \cdot I_C \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_C \\ \dot{V}_{CB} \end{matrix}$$

Οι γωνίες είναι :

$$\angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{AB} \end{matrix} = 30 + \varphi$$

και

$$\angle \begin{matrix} \dot{I}_C \\ \dot{V}_{CB} \end{matrix} = 30 + \varphi$$

Επίσης αφού τροφοδοτούμε με συμμετρικές τάσεις ένα συμμετρικό φορτίο θα έχουμε :

$$V_{AB} = V_{CB} = V_{\pi}$$

και

$$I_A = I_C = I$$

οπότε

$$W_A = V_{\pi} \cdot I \cdot \cos(30 + \varphi) = V_{\pi} \cdot I \cdot (\cos 30 \cos \varphi - \sin 30 \sin \varphi)$$

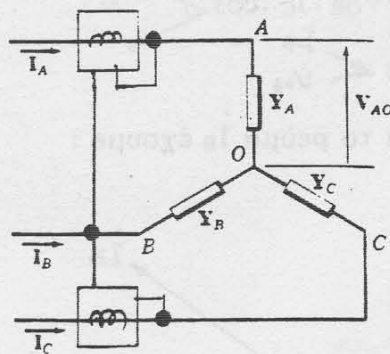
$$W_C = V_{\pi} \cdot I \cdot \cos(30 - \varphi) = V_{\pi} \cdot I \cdot (\cos 30 \cos \varphi + \sin 30 \sin \varphi)$$

και

$$W_A + W_C = \sqrt{3} \cdot V_{\pi} \cdot I \cdot \cos \varphi = P_{3\varphi}$$

$$\sqrt{3} (W_C - W_A) = \sqrt{3} V_{\pi} I \sin \varphi = Q_{3\varphi}$$

3. Ασύμμετρο φορτίο συνδεδεμένο σε αστέρα (Σχ.10)



Σχ10

Η τάση V_{NO} εκφράζει τη μετατόπιση του ουδέτερου σημείου του φορτίου ως προς το ουδέτερο σημείο της γεννήτριας.

Οι ενδείξεις των δύο βαττομέτρων είναι :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{AB} \end{matrix}$$

και

$$W_2 = V_{CB} \cdot I_C \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_C \\ \dot{V}_{CB} \end{matrix}$$

Από το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων έχουμε ότι :

$$\dot{V}_{AB} = \dot{V}_{AO} + \dot{V}_{OB}$$

και

$$\dot{V}_{CB} = \dot{V}_{CO} + \dot{V}_{OB}$$

Οπότε οι ενδείξεις των βαττομέτρων γίνονται :

$$W_A = V_{AO} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{AO} \end{matrix} + V_{OB} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \dot{I}_A \\ \dot{V}_{OB} \end{matrix}$$

και

$$W_C = V_{CO} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_C / \dot{V}_{CO} + V_{OB} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_C / \dot{V}_{OB}$$

Αλλά η ισχύς που απορροφά ο κλάδος ΑΟ του φορτίου είναι :

$$P_A = V_{AO} \cdot I_A \cos \angle \dot{I}_A / \dot{V}_{AO}$$

και η ισχύς που απορροφά ο κλάδος CO είναι :

$$P_C = V_{CO} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_C / \dot{V}_{CO}$$

οπότε έχουμε :

$$W_A + W_C = P_A + P_C + V_{OB} \cdot I_A \cos \angle \dot{I}_A / \dot{V}_{OB} + V_{OB} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_C / \dot{V}_{OB}$$

Επειδή το φορτίο είναι συνδεδεμένο σε αστέρα έχουμε :

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

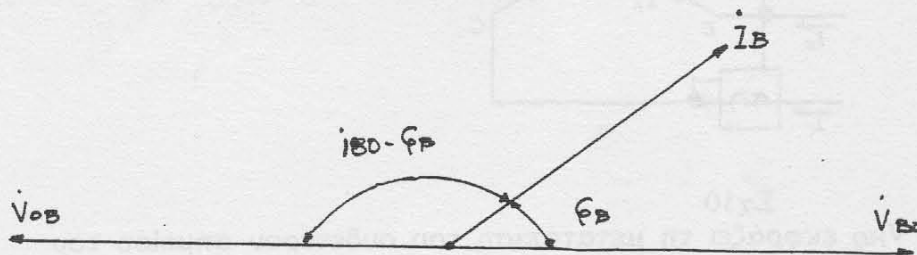
ή

$$\dot{I}_A = -\dot{I}_C - \dot{I}_B$$

Οπότε :

$$\begin{aligned} W_A + W_C &= P_A + P_C - V_{OB} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_C / \dot{V}_{OB} - \\ &- V_{OB} \cdot I_B \cos \angle \dot{I}_B / \dot{V}_{OB} + V_{OB} \cdot I_C \cos \angle \dot{I}_B / \dot{V}_{OB} = \\ &= P_A + P_C - V_{OB} I_B \cos \angle \dot{I}_B / \dot{V}_{OB} \end{aligned}$$

Για τις τάσεις \dot{V}_{BO} , \dot{V}_{OB} και το ρεύμα \dot{I}_B έχουμε :



Σχ.11

άρα $\angle \dot{I}_B / \dot{V}_{BO} = 180 - \phi_B$

και

$$\cos(180 - \phi_B) = -\cos \phi_B$$

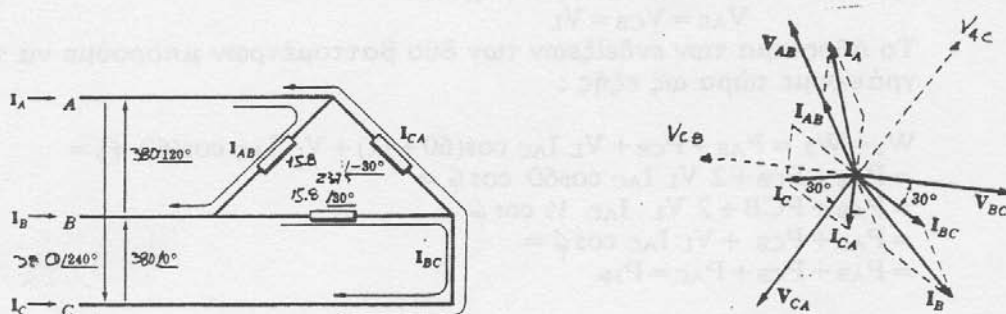
άρα

$$W_A + W_C = P_A + P_C + V_{OB} \cdot I_B \cdot \cos\phi_B$$

αλλά ο όρος $V_{OB} \cdot I_B \cdot \cos\phi_B = P_B$ με την ισχύ που απορροφά ο κλάδος OB του φορτίου οπότε έχουμε τελικά ότι:

$$W_A + W_C = P_A + P_B + P_C = P_{3\phi}$$

4. Ασύμμετρο φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο.



Σχ.12

Οι ενδείξεις των βατομέτρων είναι :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_A \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_A \\ \vec{V}_{AB} \end{matrix}$$

$$W_C = V_{CB} \cdot I_C \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_C \\ \vec{V}_{CB} \end{matrix}$$

εφαρμόζοντας τον κανόνα του Kirchhoff στους κόμβους του φορτίου έχουμε :

$$\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} + \vec{I}_{AC}$$

$$\vec{I}_C = \vec{I}_{CA} + \vec{I}_{CB}$$

και

Οπότε οι σχέσεις που εφαρμόζουν τις ενδείξεις των βατομέτρων γίνονται :

$$W_A = V_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_{AB} \\ \vec{V}_{AB} \end{matrix} + V_{AB} \cdot I_{AC} \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_{AC} \\ \vec{V}_{AB} \end{matrix}$$

$$W_C = V_{CB} \cdot I_{CA} \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_{CA} \\ \vec{V}_{CB} \end{matrix} + V_{CB} \cdot I_{CB} \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_{CB} \\ \vec{V}_{CB} \end{matrix}$$

Ο όρος $V_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \angle \begin{matrix} \vec{I}_{AB} \\ \vec{V}_{AB} \end{matrix}$ εκφράζει την πραγματική ισχύ που απορροφά ο κλάδος του φορτίου που είναι συνδεδεμένος μεταξύ των φάσεων A και B.

Ομοίως ο όρος $V_{CB} \cdot I_{CB} \cdot \cos \angle \overset{I_{CB}}{V_{CB}}$ εκφράζει την πραγματική ισχύ που απορροφά ο κλάδος του φορτίου που είναι συνδεδεμένος μεταξύ των φάσεων C και B.

Οπότε το άθροισμα των ενδείξεων των δύο βαττομέτρων θα είναι:

$$W_A + W_C = P_{AB} + P_{CB} + V_{AB} \cdot I_{AC} \cdot \cos \angle \overset{I_{AC}}{V_{AB}} + V_{CB} \cdot I_{CA} \cdot \cos \angle \overset{I_{CA}}{V_{CB}}$$

Από το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων έχουμε ότι :

$$\angle \overset{I_{CA}}{V_{CB}} = 60 + \varphi_{AC} \quad \angle \overset{I_{AC}}{V_{AB}} = 60 - \varphi$$

Επίσης επειδή πρόκειται για μέτρα έχουμε $I_{CA} = I_{AC}$ και επειδή η τροφοδοσία είναι συμμετρική έχουμε:

$$V_{AB} = V_{CB} = V_L$$

Το άθροισμα των ενδείξεων των δύο βαττομέτρων μπορούμε να το γράψουμε τώρα ως εξής :

$$\begin{aligned} W_1 + W_2 &= P_{AB} + P_{CB} + V_L I_{AC} \cos(60 + \varphi) + V_L I_{AC} \cos(60 - \varphi) = \\ &= P_{AB} + P_{CB} + 2 V_L I_{AC} \cos 60^\circ \cos \varphi = \\ &= P_{AB} + P_{CB} + 2 V_L I_{AC} \frac{1}{2} \cos \varphi = \\ &= P_{AB} + P_{CB} + V_L I_{AC} \cos \varphi = \\ &= P_{AB} + P_{CB} + P_{AC} = P_{3\phi} \end{aligned}$$

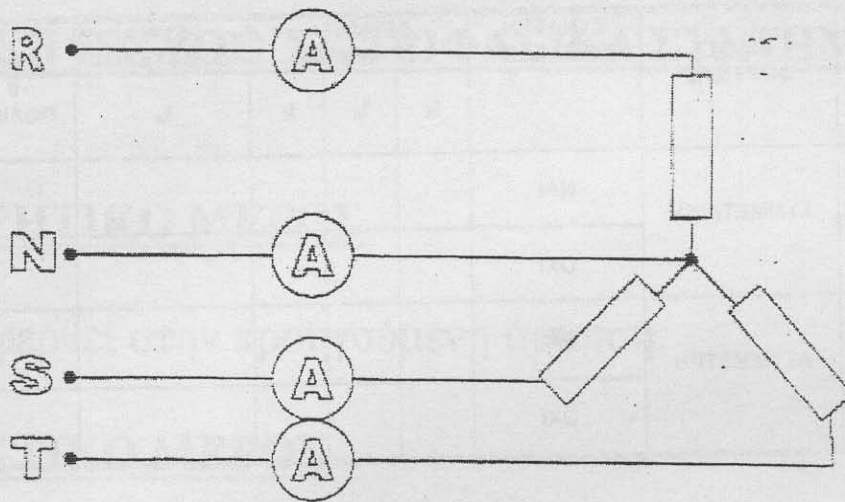
γιατί ο όρος $V_L I_{AC} \cos \theta_3$ εκφράζει την πραγματική ισχύ που απορροφά ο κλάδος του φορτίου που είναι συνδεδεμένος μεταξύ των φάσεων A και C.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

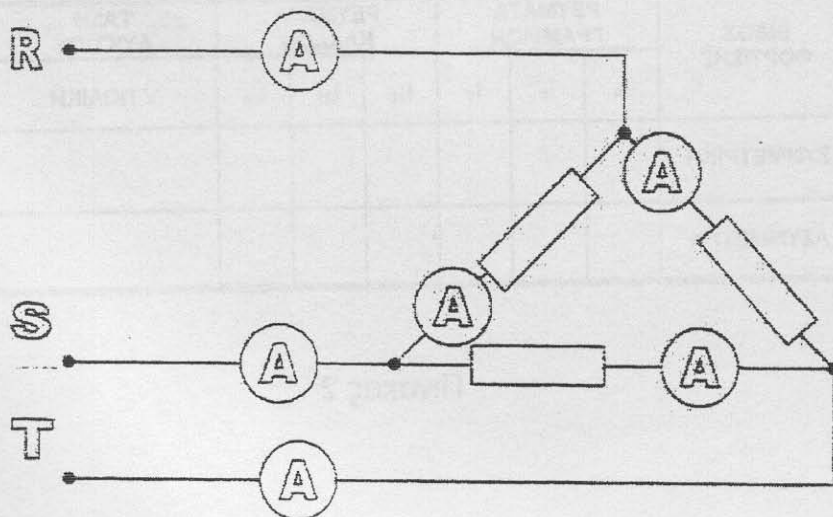
- 1. Προσδιορίστε την διαδοχή φάσεων στην πηγή τροφοδοσίας με ένα αντίστοιχο όργανο.
- 2. Μετρήστε τις πολικές και φασικές τάσεις του δικτύου.
- 3. Συνδέστε τριφασικό ωμικό φορτίο με $1000\ \Omega/\text{φάση}$ σε συνδεσμολογία αστέρα με ουδέτερο όπως στο σχήμα 1. Μετρήστε τα I_R, I_s, I_T, I_N και γράψτε τα αποτελέσματα στο πίνακα 1.
- 4. Αφαιρέστε τον ουδέτερο αγωγό και μετρήστε τα I_R, I_s, I_T και γράψτε τα αποτελέσματα στο πίνακα 1.
- 5. Συνδέστε τριφασικό ασύμμετρο ωμικό φορτίο με $T=1000\ \Omega, S=1000\ \Omega$, ενώ $R=1000\ // 1000\ \Omega$ και μετρήστε τα I_R, I_s, I_T, I_N και γράψτε τα αποτελέσματα στο πίνακα 1.
- 6. Αφαιρέστε τον ουδέτερο αγωγό και μετρήστε τα I_R, I_s, I_T και γράψτε τα αποτελέσματα στο πίνακα 1.
- 7. Συνδέστε τριφασικό ωμικό συμμετρικό φορτίο με $1000\ \Omega$ /φάση σε συνδεσμολογία τριγώνου όπως και στο σχήμα 2 και μετρήστε $I_R, I_s, I_T, I_{RS}, I_{ST}, I_{TR}$ και γράψτε τα αποτελέσματα στον πίνακα 2.
- 8. Συνδέστε τριφασικό ωμικό φορτίο με αλλαγή της μίας φάσης με $R=1000\ \Omega // 1000\ \Omega$. Μετρήστε τα $I_R, I_s, I_T, I_{RS}, I_{ST}, I_{TR}$ και γράψτε τα αποτελέσματα στον πίνακα 2.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Τι συμπεραίνετε για το ρεύμα στον ουδέτερο αγωγό από τις μετρήσεις στα βήματα 3 και 4;
- 2. Ποτε ο ουδέτερος διαρρέεται από ρεύμα;
 - 3.1 Πώς υπολογίζεται το ρεύμα στον ουδέτερο; Υπολογίστε τα ρεύματα γραμμής με γνωστά: α) τις τάσεις της πηγής β) την αντίσταση φορτίου
 - 3.2 Συγκρίνατε τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό και τις μετρήσεις.
 - 4. Συμπίνα σε τα ρεύματα των γραμμών και τα ρεύματα των κλάδων στο βήμα 7;
- 5.1 Ποιες σχέσεις συνδέουν τα ρεύματα των γραμμών με εκείνα των κλάδων σε συμμετρικό και ασύμμετρο φορτίο;
 - α. Υπολογίστε τα ρεύματα γραμμής με γνωστά: α) τις τάσεις της πηγής β. την αντίσταση φορτίου.
 - 5.2 Συγκρίνατε τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό και τις μετρήσεις.
- 6. Πως συνδέονται τα μέτρα των ρευμάτων γραμμής με τα μέτρα των ρευμάτων των κλάδων σε συμμετρικό φορτίο σε συνδεσμολογία τριγώνου.
- 7. Να γίνουν για όλες τις περιπτώσεις τα διαγράμματα των πολικών τάσεων φάσεων και ρευμάτων, με κατάλληλη κλίμακα.



Σχ. 1



Σχ. 2

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΗ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ	ΡΕΥΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΩΝ			ΡΕΥΜΑ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ	ΤΑΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΟΥ		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
			I_R	I_S	I_T	I_N	V ΠΟΛΙΚΗ	V ΦΑΣΙΚΗ	
ΑΣΤΕΡΑΣ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ	ΝΑΙ							
		ΟΧΙ							
ΑΣΤΕΡΑΣ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ	ΝΑΙ							
		ΟΧΙ							

Πίνακας 1

$U_{\phi}=220V$ (όλες ίδιες)
 $U_{\phi}=R_s=390= R_t=St$
 $I_r=0,45=I_s=I_t$

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΡΕΥΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΩΝ			ΡΕΥΜΑΤΑ ΚΛΑΔΩΝ			ΤΑΣΗ ΔΥΚΤΙΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		I_R	I_S	I_T	I_{RS}	I_{ST}	I_{TR}	V ΠΟΛΙΚΗ	
ΤΡΙΓΩΝΟ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ								
ΤΡΙΓΩΝΟ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ								

Πίνακας 2

ΑΣΚΗΣΗ 10^H :**ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ****A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Έχει αναφερθεί στην προηγούμενη άσκηση.

B. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ακολουθεί στην επόμενη σελίδα

ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

1_A. Χρησιμοποιήστε τριφασικό ωμικό φορτίο σε σύνδεση αστέρα με ωμική αντίσταση 1000Ω ανά φάση.

1_B. Μετρήστε με τη μέθοδο των τριών βαττομέτρων την ισχύ στο φορτίο. (Σχ.1)

Μετρήστε U_{π} (U_{RS} , U_{ST} , U_{TR}), U_{ϕ} (U_{RN} , U_{SN} , U_{TN})

$I_{\gamma p}$, I_{ϕ} , I_N .

1_Γ. Σχεδιάστε το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων τάσεων και ρευμάτων στο ίδιο σύστημα.

2_A. Αφαιρέστε τον ουδέτερο αγωγό.

2_B. Μετρήστε με τη μέθοδο των δύο (Aron) βαττομέτρων την ισχύ στο φορτίο (Σχ. 2)

3. Σχηματίστε ασυμμετρία με $R_1 = 500\Omega$ (1000//1000)Ω, $R_2 = R_3 = 1000\Omega$. Μετρήστε με τη μέθοδο των δύο βαττομέτρων στο φορτίο την ισχύ. (Σχ. 2)

(Προσοχή. Εδώ δεν έχουμε συνδέσει τον ουδέτερο)

3_a. Όλα τα αποτελέσματα να γραφούν στον πίνακα 1.

4. Μετρήστε U_{RO} , U_{SO} , U_{TO} , U_{NO} .

Σχεδιάστε το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων.

5. Συγκρίνατε τα αποτελέσματα στο βήμα 1_B. με την ισχύ που προκύπτει από τη σχέση

$$P = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\gamma} \cos\phi .$$

6. Τι παριστάνει ο παράγων $I_{\gamma p}^2 R$ στο 1_B. ;

7. Χρησιμοποιήστε τριφασικό ωμικό φορτίο συνδεσμολογία τριγώνου με $R_1 = R_2 = R_3 = 1000$ ανά φάση.

Μετρήστε με τη μέθοδο των δύο βαττομέτρων την ισχύ στο φορτίο. (Σχ. 3)

8_A. Σχηματίστε ασυμμετρία με $R_1 = 500\Omega$ (1000//1000)Ω, $R_2 = R_3 = 1000\Omega$.

Μετρήστε την ισχύ στο φορτίο. (Σχ. 4)

8_B. Να γράψετε όλα τα αποτελέσματα στον Πίνακα 2.

9. Μετρήστε πολικές τάσεις, ρεύματα γραμμής και φασικά ρεύματα.

Σχεδιάστε το διάγραμμα παραστατικών μιγάδων τάσεων και ρευμάτων.

10_A. Δικαιολογήστε γιατί μπορεί ένα βαττόμετρο, στη μέθοδο Aron, να δείξει μηδέν.

10_B. Γιατί μπορεί να δείξει αρνητικά; Τι κάνουμε σ' αυτήν την περίπτωση;

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1. Υπολογίστε την ισχύ που θα δείξουν τα βαττόμετρα με γνωστά τα U_{π} , U_{ϕ} , $Z_{κλ}$. στην περίπτωση 1_B.
2. Υπολογίστε την ισχύ που θα δείξουν τα βαττόμετρα στο βήμα 2 με γνωστά τα U_{π} , U_{ϕ} , Z .
3. Υπολογίστε την ισχύ που θα δείξουν τα βαττόμετρα στο βήμα 7 με γνωστά τα U_{π} , U_{ϕ} , $Z_{κλ}$.
4. Υπολογίστε την U_{ON} με

A) $Z_R = 1000 \quad \Omega$, $Z_C = 1000 \quad \Omega$, $Z_T = 1000 \quad \Omega$, $U_{II} = 400 \text{ V}$

B) Αλλαγή της μιάς φάσεως με $Z = 500 \quad \Omega$

Πίνακας 1

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΣΥΝΔΕΣΗ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΩΝ			$W_{ολ.}$	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΩΝ			ΤΑΣΕΙΣ						
			W_R	W_S	W_T		W_1	W_2	$W_{ολ.}$	ΔΙΚΤΥΟΥ		ΦΟΡΤΙΟΥ				
										U_{π}	U_{ϕ}	U_{R0}	U_{S0}	U_{T0}	U_{0N}	
ΑΣΤΕΡΑ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ	ΝΑΙ											X	X	X	X
ΑΣΤΕΡΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ	ΟΧΙ														

Πίνακας 2

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΙΣΧΥΣ (WATT)			ΡΕΥΜΑΤΑ ΓΡΑΜΜΩΝ			ΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ V ΠΟΛΙΚΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
		W ₁	W ₂	W _{ολ}	I _{RS}	I _{ST}	I _{TR}		
ΤΡΙΓΩΝΟ	ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ								
ΤΡΙΓΩΝΟ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ								

ΑΣΚΗΣΗ 11^η :

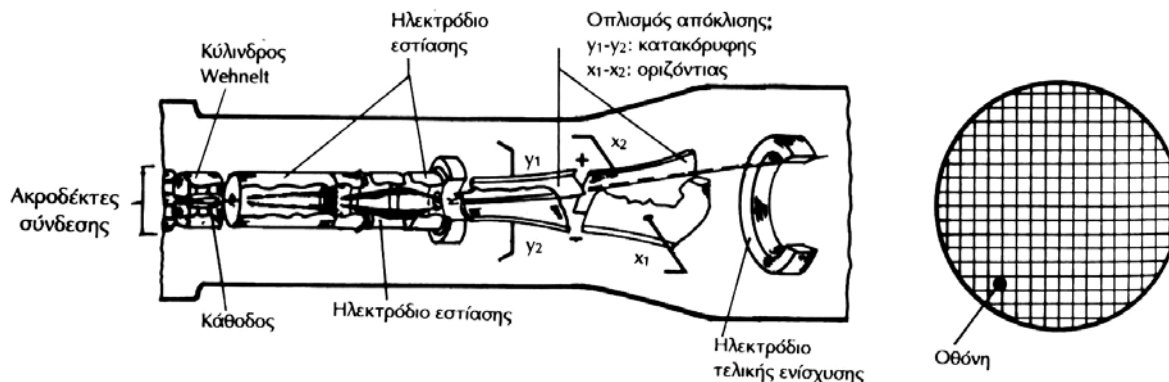
ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

1. Αρχή Λειτουργίας

Ο παλμογράφος αποτελεί ένα σπουδαίο όργανο μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών, καθώς εκτός των άλλων παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης των κυματομορφών της τάσης και της έντασης. Αντιθέτως άλλα όργανα όπως τα βολτόμετρα και τα αμπερόμετρα παρέχουν πληροφορίες μόνο για την ενεργό ή τη μέση τιμή των μεγεθών αυτών (με σαφώς όμως μεγαλύτερη ακρίβεια).

Την «καρδιά του παλμογράφου αποτελεί ο καθοδικός σωλήνας ή Σωλήνας Braun. Στο εσωτερικό αυτού του σωλήνα παράγεται και ελέγχεται μια δέσμη ηλεκτρονίων. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1, ο καθοδικός σωλήνας αποτελείται από:

- Τη θερμαινόμενη κάθοδο
- Το ηλεκτρόδιο ελέγχου ή πλέγμα (κύλινδρος Wehnelt)
- Τα ηλεκτρόδια εστίασης ή ηλεκτρόδια ανόδου
- Τα ηλεκτρόδια οριζόντιας απόκλισης
- Τα ηλεκτρόδια κατακόρυφης απόκλισης
- Το ηλεκτρόδιο τελικής ενίσχυσης
- Τη φθορίζουσα οθόνη



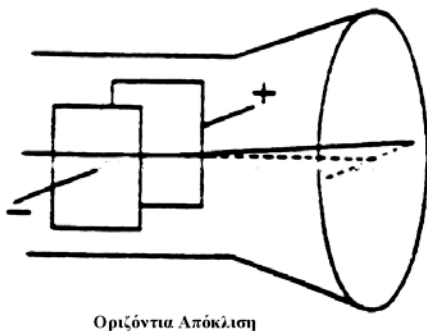
Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση καθοδικού σωλήνα.

Λειτουργία του καθοδικού σωλήνα

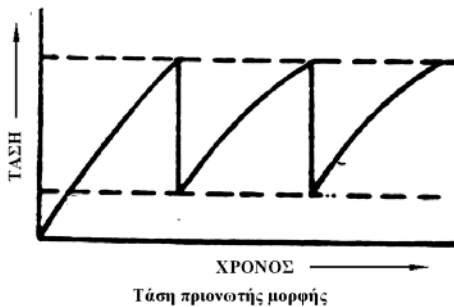
Τα ηλεκτρόνια της δέσμης παράγονται στην κάθοδο η οποία θερμαίνεται από κατάλληλη διάταξη και τα εκπέμπει. Τα ηλεκτρόνια στη συνέχεια έλκονται προς την άνοδο. Το πλέγμα όμως, που παρεμβάλλεται μεταξύ ανόδου και καθόδου, επειδή είναι αρνητικά φορτισμένο, τείνει να απωθήσει τα ηλεκτρόνια προς την κάθοδο. Κάποια ηλεκτρόνια όμως ανάλογα με την ταχύτητα που έχουν αποκτήσει, περνούν μέσα από τα ανοίγματα της σχάρας και φτάνουν στα ηλεκτρόδια ανόδου. Μεταβάλλοντας την τάση της σχάρας ρυθμίζουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που τελικά περνάει το πλέγμα. Εάν για παράδειγμα μειώσουμε την τάση, ο αριθμός των

ηλεκτρονίων που περνούν και προσπίπτουν στην οθόνη αυξάνεται και άρα αυξάνεται η φωτεινότητα στην οθόνη. Συνεπώς με τον έλεγχο της τάσης του πλέγματος έχουμε και έλεγχο της φωτεινότητας (Intensity control)

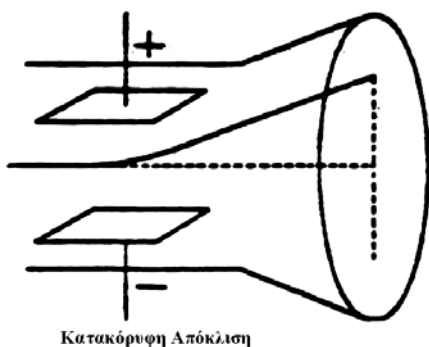
Στη συνέχεια η πρώτη άνοδος σε συνδυασμό με τη δεύτερη, συγκεντρώνουν τα ηλεκτρόνια που περνούν από το πλέγμα σε μια λεπτή δέσμη. Οι δύο αυτές άνοδοι δεν έχουν το ίδιο θετικό δυναμικό, αλλά η δεύτερη έχει μεγαλύτερο δυναμικό από την πρώτη. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά δυναμικό μεταξύ τους, τόσο πιο λεπτή γίνεται η ηλεκτρονική δέσμη. Συνεπώς ρυθμίζοντας την τάση της πρώτης ανόδου επιτυγχάνουμε εστίαση της δέσμης (focus control). Ακολουθώντας τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται από τη δεύτερη άνοδο και οδηγούνται στα πλακίδια οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης.



Οριζόντια Απόκλιση



ταχύτητα που ρυθμίζεται από το χειριστή. Η ομοιόμορφη κίνηση της δέσμης από τα αριστερά προς τα δεξιά, παριστά τη μεταβολή του χρόνου.



Κατακόρυφη Απόκλιση

Τα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης είναι υπεύθυνα για την κίνηση της δέσμης στον οριζόντιο άξονα. Η απόκλιση της δέσμης από το κέντρο της οθόνης είναι αποτέλεσμα δυνάμεων ηλεκτροστατικής φύσης που ασκούνται στα ηλεκτρόνια όταν αυτά διέρχονται τη περιοχή ανάμεσα στα πλακίδια. Η απόκλιση αυτή εξαρτάται από την ταχύτητα των ηλεκτρονίων, την τάση που εφαρμόζουμε στα πλακίδια, τη γεωμετρία των πλακιδίων και την απόσταση πλακιδίων – οθόνης.

Η οριζόντια απόκλιση επιτυγχάνεται είτε με τη βοήθεια ενός εξωτερικού σήματος, είτε με τη βοήθεια ενός εσωτερικού σήματος που παίρνουμε από το κύκλωμα βάσεως χρόνου (**Time Base**), ένα κύκλωμα που κάθε παλμογράφος έχει εσωτερικά. Το κύκλωμα αυτό παράγει ένα σήμα του οποίου η κυματομορφή είναι πριονωτή δηλ. τάση ανάλογη προς το χρόνο, οπότε η δέσμη σαρώνει την οθόνη με

Τα πλακίδια κάθετης απόκλισης είναι υπεύθυνα για την κίνηση της δέσμης στον κατακόρυφο άξονα. Αν εφαρμοστεί μια τάση στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης παίρνουμε στην οθόνη τη τάση αυτή σαν συνάρτηση της πριονωτής τάσης που εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης. Επειδή η τελευταία είναι ανάλογη του χρόνου, παίρνουμε στην οθόνη την τάση των πλακιδίων κατακόρυφης απόκλισης σαν συνάρτηση του χρόνου.

Τέλος η ηλεκτρονική δέσμη επιταχύνεται από το ηλεκτρόδιο τελικής επιτάχυνσης, το οποίο έχει το υψηλότερο δυναμικό και η δέσμη προσπίπτει στην οθόνη του παλμογράφου, η οποία είναι καλυμμένη εσωτερικά με φθορίζουσες ουσίες οι οποίες έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν φως όταν διεγερθούν από τα ηλεκτρόνια.

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

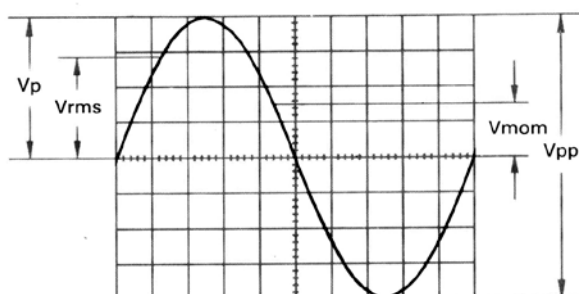
Probes: Τα Probes χρησιμεύουν για τη μεταφορά του σήματος στον παλμογράφο. Ένας παλμογράφος έχει συνήθως αντίσταση εισόδου 1MΩ. Με το Probe υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθεί η αντίσταση εισόδου στα 10MΩ και να μικρύνει το σήμα κατά 10 φορές (λόγω της δημιουργίας ενός διαιρέτη τάσης). Σε αυτή τη περίπτωση η ένδειξη του παλμογράφου πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί 10.

2. Μετρήσεις με Παλμογράφο

Τα μεγέθη τα οποία μπορούν να μετρηθούν με παλμογράφο είναι:

- Τάση
- Ένταση
- Περίοδος – Συχνότητα
- Διαφορά Φάσης

Μέτρηση Τάσης: Η μέτρηση της τάσης με τη βοήθεια του παλμογράφου γίνεται με άμεσο τρόπο. Η εφαρμοζόμενη τάση οδηγείται στο παλμογράφο με τη βοήθεια του Probe και απεικονίζεται στην οθόνη του. Ο προσδιορισμός της τάσης γίνεται με τη μέτρηση των τετραγώνων από κορυφή σε κορυφή της καμπύλης και πολλαπλασιασμό αυτών με την ένδειξη του διακόπτη Volt/div.



Παράδειγμα

D=50mV/div (Ρύθμιση διακόπτη Volt/div)

H=8div (αριθμός τετραγώνων)

$U_{p-p}=50mV \times 8div=0.4V$ (τάση από κορυφή σε κορυφή)

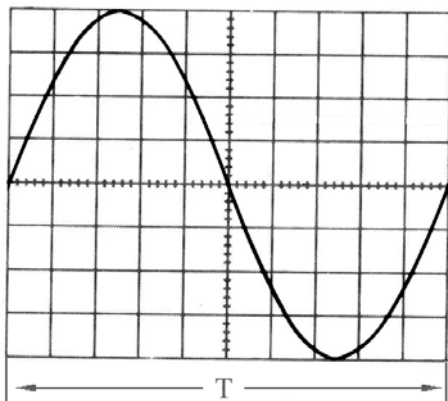
Μέτρηση Ρεύματος: Η μέτρηση της έντασης του ρεύματος γίνεται έμμεσα, μετρώντας τη πτώση τάσης στα άκρα μιας γνωστής αντίστασης. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του νόμου του Ohm γίνεται ο προσδιορισμός της έντασης.

Μέτρηση Περιόδου – Συχνότητας: Η μέτρηση της περιόδου ενός σήματος γίνεται πολλοπλάσιάζοντας τον αριθμό των τετραγώνων που αντιστοιχούν σε μια πλήρη εναλλαγή του σήματος (οριζόντιος άξονας) επί την ένδειξη του διακόπτη Time/div (βλέπε παράδειγμα). Η συχνότητα μπορεί να μετρηθεί με δυο τρόπους:

- Με τη χρήση της σχέσης $f = \frac{1}{T}$.
- Με τη βοήθεια των σχημάτων Lissajous. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη σύγκριση της άγνωστης συχνότητας f_x με μία συχνότητα γνωστής τιμής f_N . Η

τάση άγνωστης συχνότητας εφαρμόζεται στα άκρα της διάταξης κατακόρυφης απόκλισης, ενώ στα άκρα της διάταξης οριζόντιας απόκλισης εφαρμόζεται η τάση γνωστής συχνότητας. Τότε στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζονται τα σχήματα Lissajous και η άγνωστη συχνότητα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\frac{f_X}{f_N} = \frac{A}{B}$$



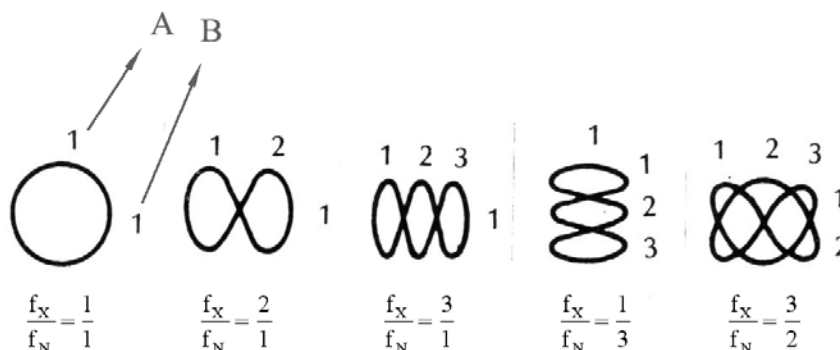
Παράδειγμα

D=0.1sec/div (ρύθμιση διακόπτη sec/div)

L=10div (αριθμός τετραγώνων)

T=0.1sec/div x 10div=1sec. (περίοδος)

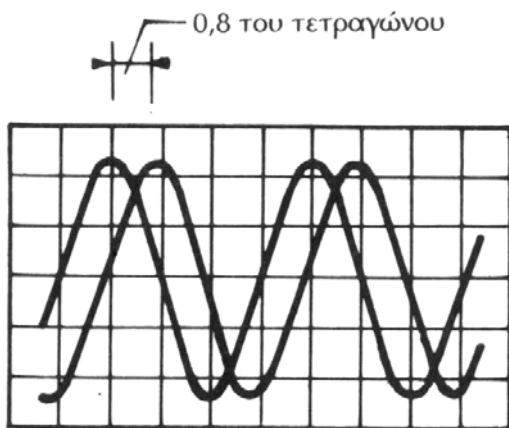
Σχήματα Lissajous για τη μέτρηση συχνότητας



Μέτρηση Διαφοράς Φάσης: Η μέτρηση της διαφοράς φάσης δύο κυματομορφών μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Στον πρώτο τρόπο οδηγούμε και τα δύο σήματα στον παλμογράφο (απαραίτητη προϋπόθεση ο παλμογράφος να διαθέτει δυο κανάλια) και τα απεικονίζουμε ταυτόχρονα στην οθόνη του. Μετρούμε την απόσταση ανάμεσα σε δυο σημεία αναφοράς των κυματομορφών (πχ τα σημεία εκκίνησης) και χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\varphi = \frac{360}{D} d$$

όπου D είναι ο αριθμός των οριζοντίων τετραγώνων μιας πλήρους κυματομορφής και d είναι η απόσταση ανάμεσα στις δυο κυματομορφές. Η μέθοδος αυτή παρατίθεται στο παράδειγμα που ακολουθεί.



Παράδειγμα

Φασική απόκλιση μεταξύ των δυο κυματομορφών:

$$\varphi = \frac{360}{4} \times 0,8 = 72^\circ$$

Ο δεύτερος τρόπος προσδιορισμού της φασικής απόκλισης γίνεται με τη βοήθεια των σχημάτων Lissajous. Οι δυο τάσεις οδηγούνται στα πλακίδια κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης και τότε στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζονται τα σχήματα Lissajous. Η διαφορά φάσης υπολογίζεται από τη σχέση:

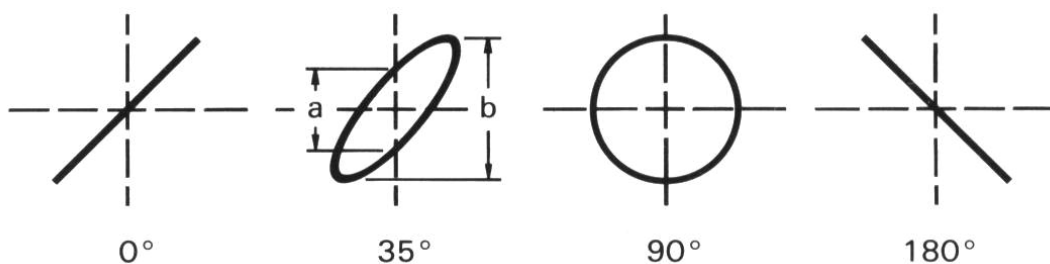
$$\varphi = \sin^{-1} \frac{A}{B}$$

Όπου :

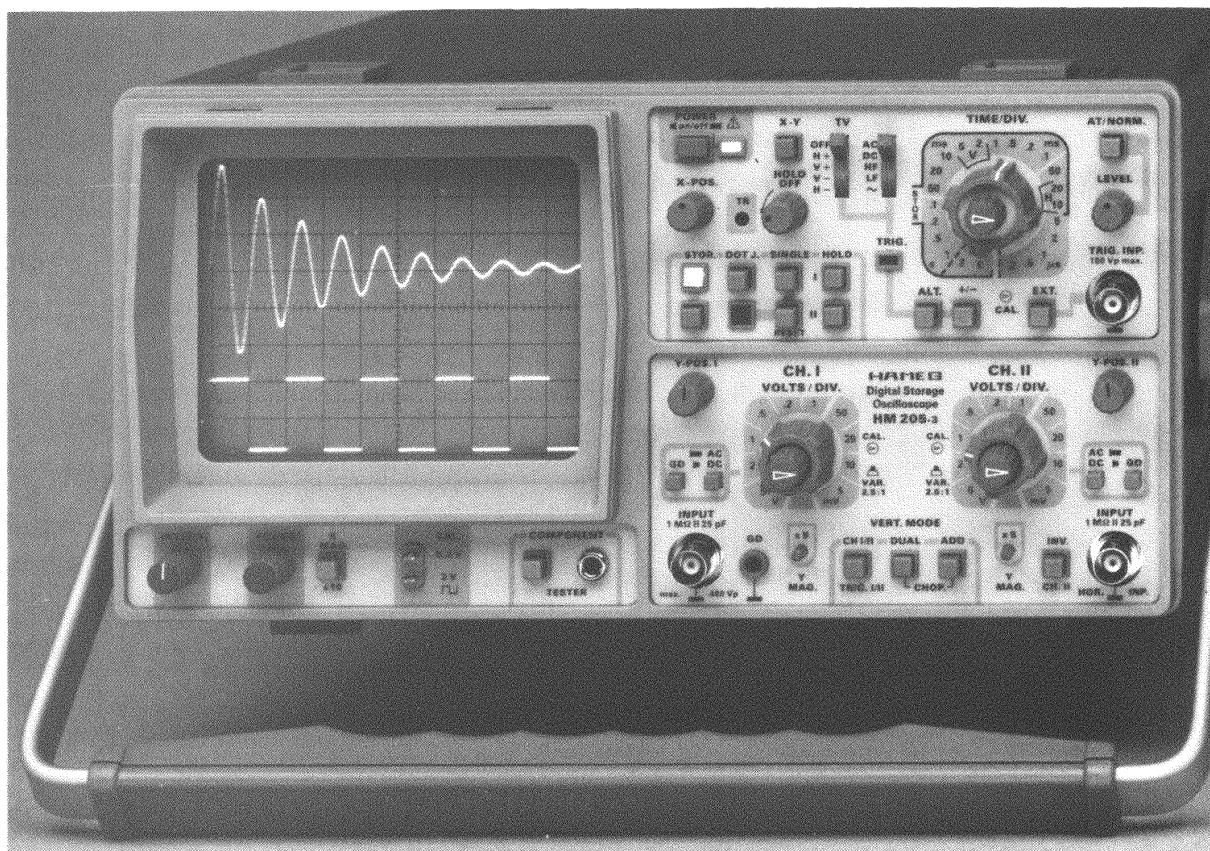
A=Απόσταση τομής της καμπύλης με τον κατακόρυφο άξονα από το κέντρο των αξόνων.

B =Μέγιστη απόσταση καμπύλης από τον οριζόντιο άξονα.

Σχήματα Lissajous για τη μέτρηση διαφοράς φάσης



3. Παλμογράφοι HAMEG 205 & 305



Παλμογράφος HAMEG 305

Τα εργαστήρια Ηλεκτρικών Μετρήσεων και Ηλεκτροτεχνίας διαθέτουν δύο τύπους Παλμογράφων, τους HAMEG 205 & 305. Ο HAMEG 305 μπορεί να μετρήσει τάσεις συχνότητας έως 30MHz και πλάτους από κορυφή σε κορυφή (απευθείας μέτρηση) από 1mV έως 400V.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Κάθετη Απόκλιση

- Δύο κανάλια εισόδου Channel I & II.
- Δυνατότητα πρόσθεσης ή αφαίρεσης των σημάτων των καναλιών I & II.
- Συχνότητα σήματος εισόδου: από 0Hz (DC) έως 30MHz.
- Ρύθμιση Κλίμακας Κάθετης Απόκλισης: 12 βαθμονομημένες θέσεις από 5mV/div έως 20V/div.
- Δυνατότητα μεγέθυνσης του σήματος εισόδου x5 (ελάχιστη μέτρηση 1mV/div).
- Αντίσταση εισόδου: 1MΩ.

Σκανδαλισμός

- Αυτόματος: 20Hz-100MHz
- Κανονικός: DC-100MHz

- Εξωτερικές πηγές σκανδαλισμού: Εξωτερικά σήματα μέσω των καναλιών I & II.
- Σήμα εξωτερικού σκανδαλισμού: Τουλάχιστον $0.3V_{pp}$ συχνότητας 30Hz-30MHz.

Οριζόντια Απόκλιση

- Ρύθμιση κλίμακας χρόνου (αναλογικό τμήμα): 20 βαθμονομημένες θέσεις από 0.2s/div έως 0.1μs/div. Δυνατότητα μεγέθυνσης x10 (ελάχιστη κλίμακα 10ns/div).
- Ρύθμιση κλίμακας χρόνου (ψηφιακό τμήμα): 22 βαθμονομημένες θέσεις από 50s/div έως 5μs/div. Δυνατότητα μεγέθυνσης x10 (ελάχιστη κλίμακα 0.5μs/div).

Έλεγχος Εξαρτημάτων

- Τάση ελέγχου: $6V_{rms}$ (ανοιχτό κύκλωμα).
- Ένταση ελέγχου: μέγιστη $5mA_{rms}$ (βραχυκύκλωμα).
- Συχνότητα δοκιμής: 50Hz.

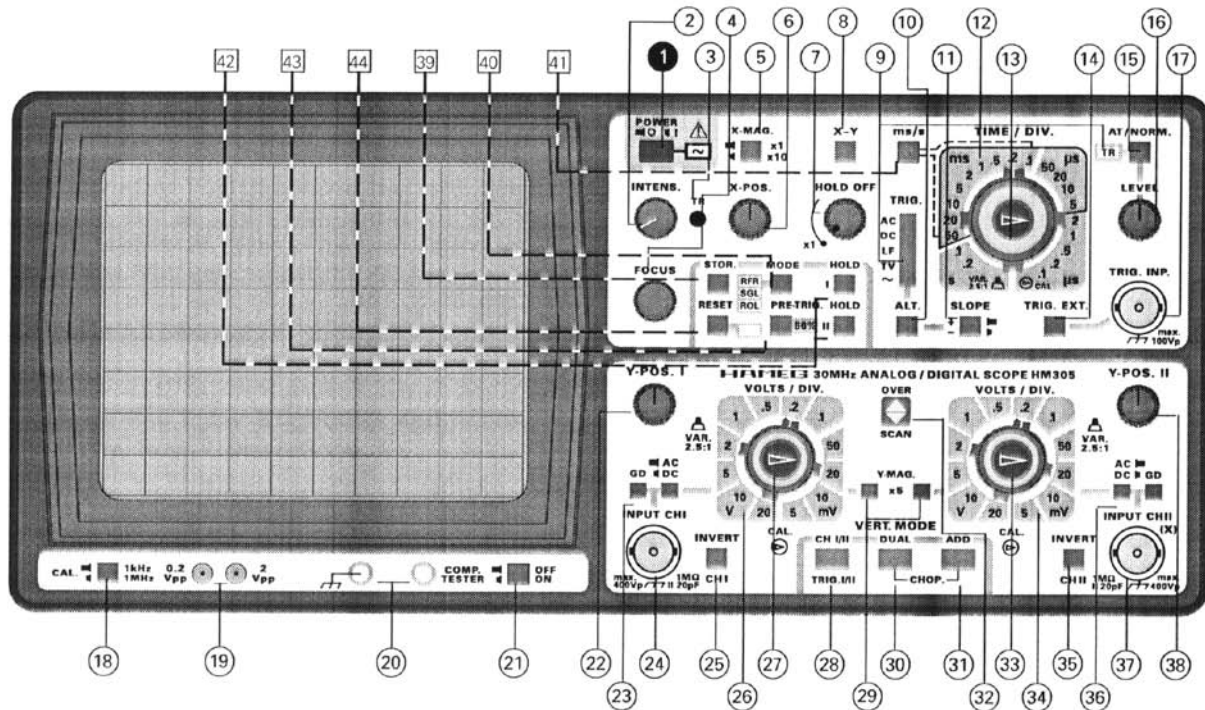
Γενικές Πληροφορίες

- Καθοδικός Σωλήνας: D14-364 P43/123 AEG – TELEFUNKEN
- Ορθογώνια οθόνη με εσωτερική διαγράμμιση διαστάσεων 8x10div.
- Βαθμονομητής: Γεννήτρια τετραγωνικών παλμών 1kHz με δύο στάθμες εξόδου 0,2V και 2V , ακρίβειας +/- 1% κατά τάση.
- Τάση τροφοδοσίας: 110-125-220-240V με επιτρεπτή διακύμανση +/- 10%.
- Συχνότητα τροφοδοσίας: 50-400Hz.
- Κατανάλωση ισχύος: περίπου 46Watt.

Επεξήγηση Συμβόλων του εμπρός Panel του Οργάνου

1. **Power ON/OFF:** Ο διακόπτης τροφοδοσίας του παλμογράφου. Η λειτουργία επιβεβαιώνεται από ενδεικτικό LED.
2. **X-POS:** Ρυθμίζει την οριζόντια θέση της δέσμης στην οθόνη.
3. **TR:** Περιστρέφει την δέσμη ως προς το κέντρο της οθόνης για την οριζοντίωσή της.
4. **X-Y:** Επιλέγει τη λειτουργία X-Y. Αποσυνδέει την εσωτερική γεννήτρια βάσης χρόνου και συνδέει το κανάλι 2 στην είσοδο του ενισχυτή X.
5. **HOLD-OFF:** Λεπτομερής ρύθμιση του νεκρού χρόνου μεταξύ δυο σαρώσεων της βάσης χρόνου.
6. **TV.SEP:** Ενεργός διαχωριστής σήματος TV.
 - Θέση OFF: Κανονική λειτουργία
 - Θέση H+ : Παρατήρηση θετικών γραμμών
 - Θέση H- : Παρατήρηση αρνητικών γραμμών
 - Θέση V+ : Παρατήρηση θετικών πλαισίων
 - Θέση V- : Παρατήρηση αρνητικών πλαισίων

7. **TRIG:** Ανάβει ενδεικτικό LED όταν γίνεται σκανδαλισμός.
8. **TRIG. AC-DC-HF-LF-LINE:** Επιλέγει τον τρόπο σύζευξης του σκανδαλισμού.
AC: 10Hz-60MHz DC: 0Hz-60MHz
HF: 1,5kHz-100MHz LF: 0Hz-1,5kHz
LINE: 50Hz



9. **+/- ALT:** Επιλέγει σκανδαλισμό στον ανερχόμενο ή κατερχόμενο παλμό (+/-). Επιλέγει εσωτερικό σκανδαλισμό από το κανάλι 1 και το κανάλι 2 εναλλάξ.
10. **TIME/DIV:** Περιστροφικός διακόπτης 23 θέσεων για την επιλογή της βάσης χρόνου.
11. **TIME/DIV (Μεταβλητό control):** Ποτενσιόμετρο για συνεχή μεταβολή της βάσεως χρόνου. Κανονικά πρέπει να βρίσκεται στη θέση CAL.
12. **EXT:** Επιλέγει λειτουργία εξωτερικού σκανδαλισμού.
13. **AT/NORM:** Στην έξω θέση έχουμε αυτόματο peak σκανδαλισμό και στη μέσα θέση κανονική λειτουργία.
14. **LEVEL:** Στον κανονικό σκανδαλισμό ρυθμίζει σε πιο ύψος της κυματομορφής θα αρχίζει ο σκανδαλισμός.
15. **TRIG. INP:** Βύσμα BNC για εξωτερική πηγή σκανδαλισμού.
16. **INTENS:** Ρυθμίζει την φωτεινότητα της δέσμης στην οθόνη.
17. **FOCUS:** Εστιάζει την δέσμη πάνω στην οθόνη.
18. **X-MAG. x10:** Μεγεθύνει τη δέσμη και επεκτείνει τον άξονα x με συντελεστή x10.
19. **CAL 0.2V – 20V:** Πηγή σήματος τετραγωνικών παλμών, calibrator.

- 20. COMPONENT TESTER:** Ενεργοποιεί το κύκλωμα του component tester. Μετατρέπει τον παλμογράφο σε όργανο ελέγχου εξαρτημάτων
- 21. Y-POS CH 1:** Ρυθμίζει τη κάθετη θέση της δέσμης για το κανάλι 1.
- 22. AC-DC-GD CH 1:** Σύζευξη εισόδου για το κανάλι 1.
AC: Απευθείας σύνδεση
DC: Σύνδεση μέσω πυκνωτού.
GND: Γειωμένη είσοδος.
- 23. <BNC> CH 1:** Βύσμα εισόδου για κανάλι 1, 1MΩ/30pF.
- 24. VOLT/DIV CH 1:** Περιστροφικοί διακόπτες 10 θέσεων, για την ρύθμιση της κλίμακας κατακόρυφης απόκλισης.
- 25. Μεταβλητό control ενισχύσεως:** βλέπε 11.
- 26. Y-MAG. x5:** Μεγενθύνει την δέσμη και επεκτείνει τον άξονα των Y με συντελεστή x5.
- 27. CH 1/2 – TRIG. 1/2:** Επιλέγει το κανάλι λειτουργίας 1 ή 2.
- 28. DUAL:** Επιλέγει λειτουργία του ενός καναλιού (MONO) ή και των δύο (DUAL).
- 29. ADD-CHOP:** Σε λειτουργία ADD δίνει το άθροισμα των κυματομορφών των δυο καναλιών ή την διαφορά τους με INVERT.
- 30. VOLT/DIV CH 2:** βλέπε 24.
- 31. Μεταβλητό control ενισχύσεως:** βλέπε 11.
- 32. Y-MAG. x5:** βλέπε 26.
- 33. INVERT CH 2:** Αναστρέφει την απεικόνιση του καναλιού 2.
- 34. <BNC> CH 2:** βλέπε 23.
- 35. AC-DC-GND CH 2:** βλέπε 22.
- 36. STOR:** Επιλέγουμε αναλογικό ή ψηφιακό τρόπο λειτουργίας.
- 37. HOLD 1/2 :** Αποθηκεύουμε κανάλι 1 ή κανάλι 2.
- 38. SINGLE:** Αποθηκεύουμε την τελευταία διέλευση της δέσμης.
- 39. RESET:** Επιτρέπουμε μια διέλευση δέσμης.
- 40. DOTJ.:** Συνδέει τα σημεία δειγματοληψίας μεταξύ τους.

4. Οδηγίες Λειτουργίας Παλμογράφου

Βεβαιωθείτε ότι ο παλμογράφος είναι ρυθμισμένος στη σωστή τάση τροφοδοσίας 220V. Η επιλογή γίνεται από το πίσω πάνελ και η επιλεγμένη τάση δηλώνεται από το βέλος.

Πριν ξεκινήσετε τις μετρήσεις:

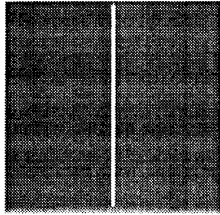
- Πιέστε τον κόκκινο διακόπτη POWER. Το πράσινο LED επιβεβαιώνει ότι ο παλμογράφος λειτουργεί.

- Αν ο διακόπτης X-Y είναι πατημένος η σάρωση έχει απενεργοποιηθεί και στην οθόνη εμφανίζεται ένα φωτεινό στίγμα. Στην αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται μια γραμμή.
- Χρησιμοποιώντας τα X-POS και Y-POS κεντράρετε την δέσμη στο κέντρο της οθόνης.
- Χρησιμοποιώντας τους διακόπτες INTENS και FOCUS ρυθμίζεται την φωτεινότητα και την εστίαση της δέσμης στον επιθυμητό βαθμό.
- Ο διακόπτης επιλογής TRIG. θα πρέπει να είναι στην θέση AC.
- Ο διακόπτης AT/NORM στην έξω θέση (αυτόματος σκανδαλισμός).
- Το CONTROL HOLD-OFF στη θέση X1.
- Επιλέξτε σύζευξη DC γενικά. Επιλέξτε σύζευξη AC εάν στο σήμα σας υπάρχει DC συνιστώσα και θέλετε να μελετήσετε μόνο την AC.
- Πιέζοντας τον διακόπτη επιλογής σύζευξης GD το σήμα αποσυνδέεται και η είσοδος του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης γειώνεται. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη λειτουργία αυτή για να κεντράρετε την δέσμη κατά την διάρκεια των μετρήσεων.
- Για ακριβείς ποσοτικές μετρήσεις το μεταβλητό control πρέπει να είναι στη θέση CAL (γυρίζετε μέχρι να ακουστεί το χαρακτηριστικό –κλικ-).
- Όλα τα υπόλοιπα πιεστικά στην έξω θέση.

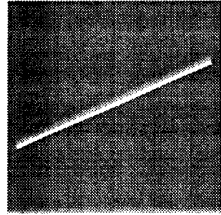
Έλεγχος εξαρτημάτων

- Πιέστε τον διακόπτη COMPONENT TESTER. Συνδέστε τα άκρα του εξαρτήματος στην υποδοχή του COMPONENT TESTER με τη βοήθεια δυο απλών καλωδίων πολυμέτρου. Στην οθόνη έχουμε την απεικόνιση της V-I χαρακτηριστικής του εξαρτήματος.
- Όταν ελέγχετε εξαρτήματα επάνω στην πλακέτα, αποσυνδέστε πρώτα όλες τις τάσεις και περιμένετε λίγο μέχρι να εκφορτιστούν όλοι οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές. Προχωρήστε στον έλεγχο των εξαρτημάτων που σας ενδιαφέρουν. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση ελέγχου εξαρτημάτων επάνω στο κύκλωμα τα απεικονιζόμενα σχήματα είναι πιο περίπλοκα γιατί συνήθως είναι παραλληλισμένα με περισσότερα από ένα εξαρτήματα. Κατά γενικό κανόνα πάντως η χαρακτηριστική που θα απεικονιστεί θα είναι η σύνθεση των χαρακτηριστικών των επιμέρους εξαρτημάτων.

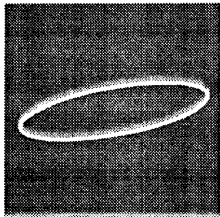
Single Components



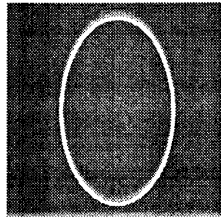
Short circuit



Resistor 510Ω

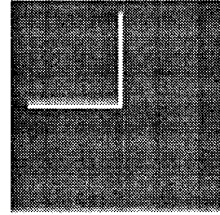


Mains transformer prim.

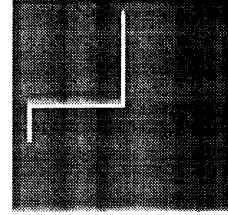


Capacitor 33μF

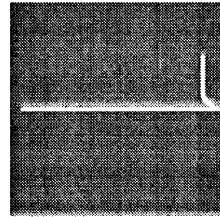
Single Transistors



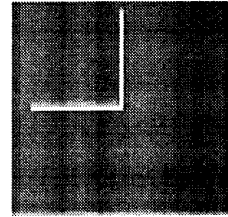
Junction B-C



Junction B-E

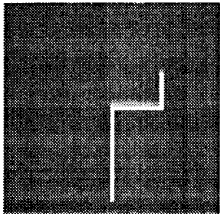


Junction E-C

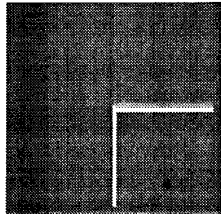


FET

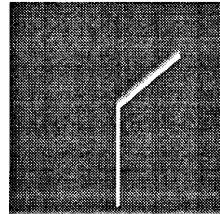
Single Diodes



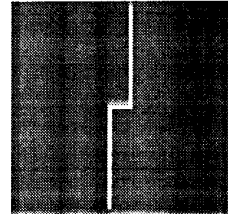
Z-diode below 7V



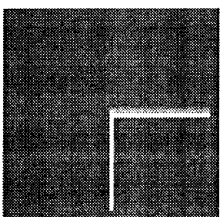
Z-diode beyond 7V



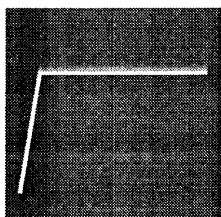
Diode paralleled by 680Ω



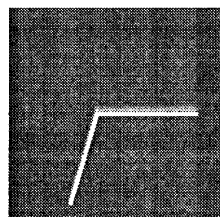
2 Diodes antiparallel



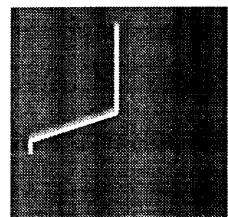
Silicon diode



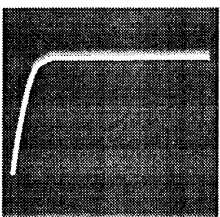
Germanium diode



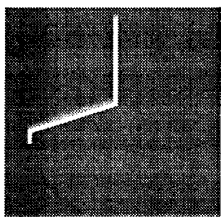
Diode in series with 51Ω



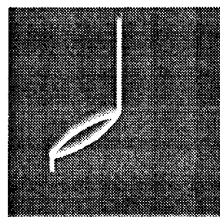
B-E paralleled by 680Ω



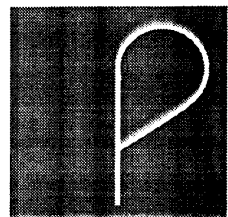
Rectifier



Thyristor, G + A together



B-E with 1μF+680Ω



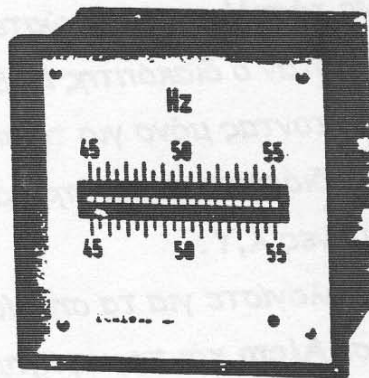
Si-Diode with 10μF

In-circuit Semiconductors

ΑΣΚΗΣΗ 12^H :

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Με τα όργανα αυτά μετράμε τη συχνότητα μιας εναλλασσόμενης τάσης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συχνομέτρων. Ειδικότερα στα δίκτυα εναλλασσομένης τάσης 50 Hz χρησιμοποιείται το συχνόμετρο παλομένων ελασμάτων. Τα συχνόμετρα αυτά τα συναντάμε πάντοτε σε σταθμούς παραγωγής-υποσταθμούς διανομής. Κατασκευάζονται για συχνότητες 15 + 600 Hz.



Το συχνόμετρο παλομένων ελασμάτων αποτελείται από ηλεκτρομαγνήτη που διεγείρεται από τάση της οποίας ζητείται η συχνότητα. Μπροστά στον πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτη βρίσκονται ελάσματα διαφόρου μήκους και μάζας, τοποθετημένα σε σειρά.

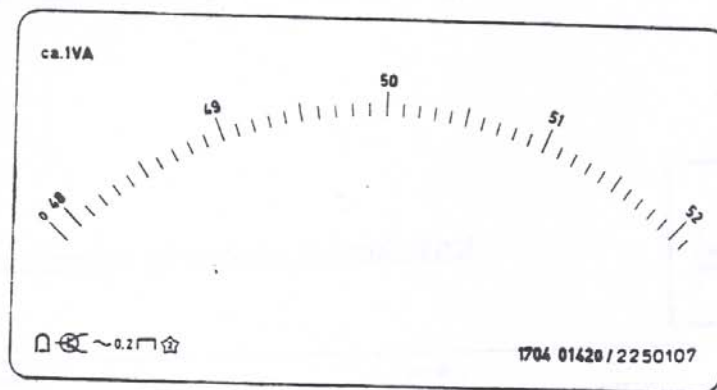
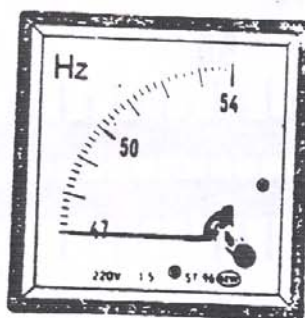
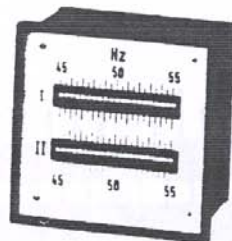
Τα ελάσματα αυτά είναι πακτωμένα από τη μια πλευρά και καθένα έχει διαφορο **ιδιοσυχνότητα μηχανικής ταλαντώσεως**.

Τα ελάσματα εκτελούν εξηναγκασμένες ταλαντώσεις από την επίδραση της ελκτικής δύναμης του ηλεκτρομαγνήτη.

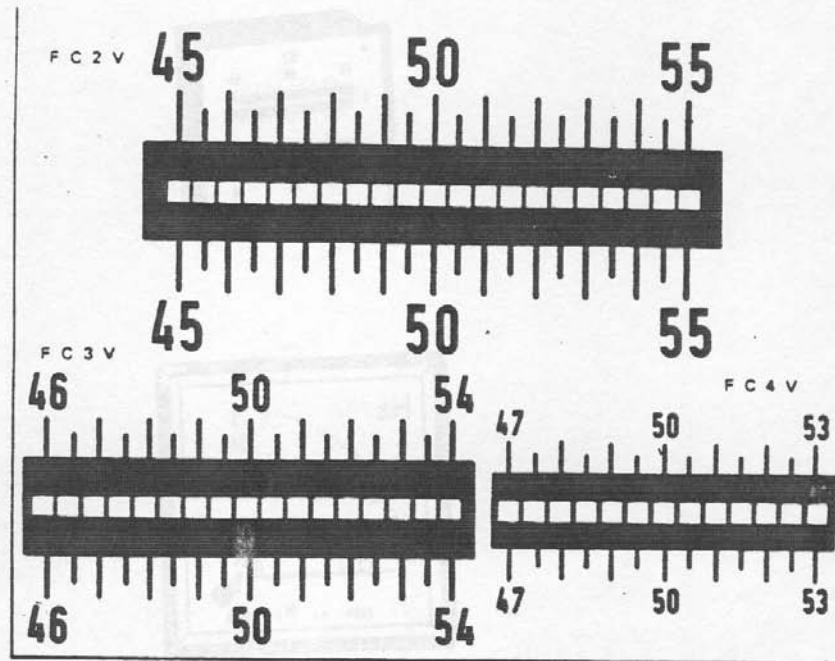
Το έλασμα του οποίου η ιδιοσυχνότητα συμπίπτει με το διπλάσιο της συχνότητας του ρεύματος που διεγείρει τον ηλεκτρομαγνήτη, εκτελεί ταλάντωση με μεγαλύτερο πλάτος.

Μπροστά στη σειρά των ελασμάτων υπάρχει κλίμακα βαθμολογημένη σε Hz.

Τα συχνόμετρα αυτά δεν επηρεάζονται από διακυμάνσεις της ονομαστικής τάσης μέχρι 20 %.



Τύποι Συχνομέτρων



Συχνόμετρο Παλόμενων Ελασμάτων



Κατάλογος επιλογής συχνόμετρου

Διαστάσεις	72 x 72	96 x 96	92 x 92	144 x 144	
Άνοιγμα πινακιάς	VZ 72 Ns	VZ 96 Ns	92 + 0.8 x 92 + 0.8	Z 144 Ns	
Πλαίσιο	68 + 0.7 x 68 + 0.7	92 + 0.8 x 92 + 0.8	92 + 0.8 x 92 + 0.8	138 + 1 x 138 + 1	138 + 1 x 138 + 1
Ελάσματα	5	5	5	8	8
Βάθος	13	13	21	17	21
Ύψος	68	76	76	72	72
Βάρος	0.3	0.8	0.8	1.4	1.4
Όνομ. τάση	Τύπος	Τύπος	Τύπος	Τύπος	Τύπος
100/110 V	47 53 Hz	47 53 Hz	45 55 Hz	46 54 Hz	45 55 Hz
220 V	M01121-F1200	M01122-F1200	M01122-F1100	M01085-F1100	M01085-F1100
380 V	M01121-F1300	M01122-F1300	M01122-F1120	M01085-F1210	M01085-F1120
	M01121-F1320	M01122-F1320	M01122-F1140	M01085-F1230	M01085-F1140

Συνηθισμένοι τύποι	
Ονομαστική τάση	Τύπος
100 / 110 V	47 + 53 Hz
220 V	45 + 55 Hz
350 V	46 + 54 Hz

Μετρήσεις :

1. Ελέξτε το συχνόμετρο του πίνακα και γράψτε τα χαρακτηριστικά του στοιχεία.

Ονομαστική τάση

Περιοχή

Κατασκευαστής

Αριθμός Ελασμάτων

2. Μετρήστε τη συχνότητα του δικτύου.

Συχνότητα Δικτύου

ΑΣΚΗΣΗ 13^H :**ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ**

Όπως μια ηλεκτρική συσκευή χαρακτηρίζεται από την ηλεκτρική της ισχύ, έτσι και ένας λαμπτήρας χαρακτηρίζεται από την φωτιστική του ισχύ, που μετριέται σε **Lm**.

Η φωτιστική ισχύς του λαμπτήρα ονομάζεται και φωτεινή ισχύς ή φωτεινή ροή και συμβολίζεται με το Φ .

Είναι :

$$\text{Ηλεκτρική Ισχύς, } P = \frac{\text{Ηλεκτρική επιφάνεια } A}{\text{Χρόνος σε } t} \quad [Wh / h]$$

$$\text{Έτσι } \Phi = \frac{Q}{t} = \frac{\text{Ποσότητα φωτισμού}}{t} \quad [Lmh / h]$$

Φωτισμός Επιφανείας E [Lux]

Φωτισμός επιφανείας είναι η φωτεινή ροή που πέφτει στη μονάδα επιφανείας.

$$E = \frac{\Phi \text{ [Lumen]}}{A \text{ [m}^2\text{]}}$$

Το Lm/m^2 στο διεθνές σύστημα ονομάζεται **Lux**.

Έχουμε φωτισμό 1 **Lux**, όταν φωτεινή ροή 1 **Lm** πέφτει σε επιφάνεια 1 m^2 .

π.χ. Επιφάνεια $A = 4 \text{ m}^2$
Φωτεινή ροή $\Phi = 500 \text{ Lux}$

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{500 \text{ [Lm]}}{4 \text{ [m}^2\text{]}} = 125 \text{ Lux}$$

Η ποσότητα φωτισμού Ε μετριέται με ειδικό όργανο που λέγεται **ΛΟΥΞΟΜΕΤΡΟ**.

Ένα τέτοιο όργανο περιγράφεται παρακάτω.

Φορητό λουξόμετρο για την μέτρηση της έντασης του φωτός εκτός και εντός των κτιρίων, για επιστημονικούς και βιομηχανικούς σκοπούς.

1. SPECIFICATIONS :

Περιοχή μετρήσεως 0,1 έως 199,9 Lux σε τέσσερες κλίμακες.

Ακρίβεια : $\pm 6\%$

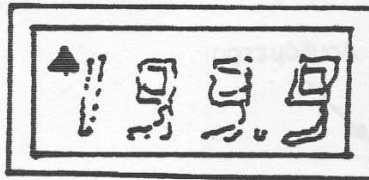
Τετραψήφια ψηφιακή οθόνη.

Θερμοκρασία λειτουργίας.

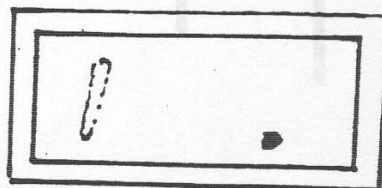
Τροφοδοσία : 9V

2. Μετρήσεις :

2.1. Το ενδεικτικό σημείο που δείχνει το παρακάτω, σημαίνει πτώση της μπαταρίας.



Εάν είναι πάνω απο την κλίμακα τότε δείχνει :



2.2. Εκθέστε τη συσκευή στο φως.

2.3. Ενεργοποιήστε το όργανο στρέφοντας τον διακόπτη στο ON.

2.3.α. Εάν η ποσότητα φωτισμού είναι εκτος της κλιμακας τότε θα διαβάσουμε την μέτρηση.

2.3.β Οι κλίμακες είναι 2 KLx / 20 Klx / 200 KLx.

Ελέξτε την κατάλληλη κλίμακα, περιστρέφοντας τον διακόπτη.

3. Αλλαγή μπαταρίας.

Εάν το δυναμικό της μπαταρίας είναι χαμηλό τότε στην οθόνη θα δείτε το σύμβολο “ Δ ”. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται αντικατάσταση, ενεργώντας ως ακολούθως :

- α. Μετακινήστε το κάλυμμα της μπαταρίας, απο το κάτω μέρος.
- β. Αντικαθίστε την μπαταρία με σωστή πολικότητα.
- γ. Κλείστε το καπάκι.

Μετρήσεις :

Μετρήστε την ποσότητα φωτισμού της αίθουσας διδασκαλίας και του διαδρόμου, απο τους πίνακες ελέγξε αν οι μετρήσεις είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές.



Π Ι Ν Α Κ Α Σ

Απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού Ε στο επίπεδο εργασίας
Διάφορων Χώρων

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΙΩΝ	Lux
Χώρος ύποδοχής (living room)	150
Τοπικώς (ανάγνωσης, γραφή, κέντημα κλπ)	1000-500
Κουζίνα:	
Γενικός φωτισμός	150
Τοπικώς (νιπτήρ, τράπεζα φαγητού)	500-250
Κρεβατοκάμαρα:	
Γενικός	150
Τοπικός (καθρέπται, φως ανάγνωσης)	500-250
Λοιποί χώροι, γενικός φωτισμός	150
ΣΧΟΛΕΙΑ	
Νηπιαγωγεία	150
Δημοτικής και μέσης παιδείας:	
Αίθουσαι διδασκαλίας	500-250
Αίθουσα θετικών επιστημών	500-250
Γυμναστήριον	150
Τεχνικής εκπαίδευσης:	
Αίθουσαι διδασκαλίας	500-250
Σχεδιαστήρια	1000-500
Μηχανουργεία	500-250
ΥΑΛΟΥΡΓΕΙΑ-ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ	
Γενικός φωτισμός	500-250
Έλεγχος	2000-1000
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΟΔΗΜΑΤΩΝ	2000-1000
ΣΑΠΩΝΟΠΟΙΕΙΑ	
Γενικαί εργασίαι	150
Έλεγχος και συσκευασία	500-250
ΚΕΡΑΜΕΙΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ	
Γενικαί εργασίαι	150
Χρωματοουργικαί εργασίαι	1000-500

ΜΟΥΣΕΙΑ	
Γενικός φωτισμός	150
Έπί των πινάκων (τοπικός φωτισμός)	500-250
Γλυπτά (τοπικός φωτισμός)	1000-500
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	
Αίθουσαι άναμονής	150
Έκδοτήρια εισιτηρίων-γραφεία	1000-500
Αίθουσαι άναρκτηρίων	150
Χώροι άποσκευών	500-250
Πλατφόρμα	150
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ	
Γραφεία ίατρών:	
Γενικός φωτισμός	150
Τράπεζα εξέτασεων	1000-500
Λουτρά (γενικός φωτισμός)	150
Βιβλιοθήκαι	500-250
Τμήμα πρώτων βοηθειών:	
Γενικός φωτισμός	1000-500
Τοπικός φωτισμός	20000-10000
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια	150
Μαγειρεία	500-250
Έργαστήρια (γενικός φωτισμός)	500-250
Τράπεζα εργασίας	1000-500
Διαγνωστικά και θεραπευτικά αίθουσαι:	
Γενικός φωτισμός	500-250
Διαγνωστική τράπεζα	1000-500
Χειρουργεία:	
Γενικός φωτισμός	1000-500
Χειρουργική τράπεζα	40000-20000
Αίθουσαι άποστειρώσεως	1000-500
Όδοντιατρείων:	
Γενικός φωτισμός	500-250
Ίατρική πολυθρόνα	10000-5000
Αίθουσα τοκετών:	
Γενικός φωτισμός	500-250
Κλίνη τοκετού	10000-5000
Αίθουσα βρεφών	150

ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Αίθουσα πινάκων ελέγχου	1000-500
Λοιποί χώροι	150
ΕΥΛΟΥΡΓΙΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ	
Λεπτοουργικά έργασια	1000-500
Μη λεπτοουργικά έργασια	500-250
ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΕΙΑ	
Αίθουσα ελέγχου προϊόντων	2000-1000
Αίθουσα επιλογής υλικών	1000-500
Λοιποί χώροι	500-250
ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ	
	500-250
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΣΑΚΧΑΡΕΩΣ	
Έλεγχος χρώματος	2000-1000
Φυγοκετρικά μηχαναί, κάθαρσις	1000-500
Λοιπά έργασια	500-250
Άποθήκαι	150
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	
Μηχαναί πλύσεως, έλεγχος καθαρότητος	1000-500
Έλεγχος πληρώσεως, έργαστήρια	
Διαλογή φιαλών, τάπητες μεταφοράς	500-250
Λοιποί χώροι	150
ΕΡΙΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ	
Χώρος ταχέως κινουμένων μηχανημάτων,	
χώροι επίθεωρήσεως χρωμάτων	2000 και άνω
Λοιποί χώροι	1000-500
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ	
Τελικός έλεγχος	2000-1000
Λοιποί χώροι	500-250
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΡΜΑΤΩΝ	
	2000-1000
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ ΧΑΡΤΟΥ	
Τελικός έλεγχος	1000-500
Λοιπά έργασια	500-250
Άποθήκαι	150
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ-ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ	
Κατασκευή μητρών, έτοιμασίας	
πιστηρίων, διορθώσεις κλπ. έργασια	1000-500
Έλεγχος χρωμάτων	2000

Χώροι άναμονής	
Θάλαμοι άσθενών:	
Γενικός φωτισμός	150
Φωτισμός κλίνης (ανάγνωσης)	500-250
ΚΛΕΙΣΤΑ ΓΥΜΝΑΣΤΗΡΙΑ	500-250
ΓΡΑΦΕΙΑ	
Αίθουσαι σχεδιάσεως	2000-1000
Αίθουσαι διακοσμητικού σχεδίου (μακέτες κλπ)	1000-500
Αίθουσαι λογιστικών μηχανών	1000-500
Λογιστήρια	1000-500
Αίθουσαι συνεδριάσεων	500-250
Γραφεία προσωπικού	500-250
Γραμματείς (δακτυλογράφοι)	1000-500
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ	
Μεγάλα έμπορικά καταστήματα:	
Γενικός φωτισμός βιτρινών	2000-1000
Τοπικός φωτισμός βιτρινών	10000-5000
Έσωτερικός γενικός φωτισμός	1000-500
Λοιποί δευτερεύοντες χώροι	500-250
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	
Λουτρό	150
Καθρέπτης λουτρού	500-250
Κλιμακοστάσια-διάδρομοι	150
Μαγειρεία	500-250
Δωμάτια ένοίκων:	
Γενικός φωτισμός	150
Φωτισμός κλίνης	500-250
Φωτισμός γραφείου	500-250
Αίθουσαι συνεδρίων (γενικός φωτισμός)	150
Αίθουσαι συνεδρίων (τράπεζα εργασίας)	500-250
Αίθουσαι εκθέσεων	500-250
Χώρος ύποδοχής	150
Έστιατόριον	150
Μπάρ-άναψυκτήρια	150
ΣΤΕΓΝΟΚΑΘΑΡΙΣΤΗΡΙΑ	
Γενικαί εργασίες	500-250
Χώρος επίθεωρήσεως	2000
Σιδηρωτήριον	1000-500
ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ	500-250

- 115 - 122

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ	
Γενικαί εργασίαι	500-250
Χώροι έλέγχου προϊόντων	1000-500
ΧΥΤΗΡΙΑ	
Κατασκευή μητρών (λεπτοουργικαί εργασίαι)	1000-500
Κατασκευή μητρών (βαρεία έπεξεργασία)	500-250
Χώρος χυτεύσεως	500-250
Καθαρισμός και έπεξεργασία	500-250
Χώρος επίθεωρησεως λεπτών εργασιών	2000-1000
Χώρος επίθεωρησεως λοιπών εργασιών	1000-500
ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ	
Έργασίαι γενικής φύσεως	500-250
Έργασία άκριβείας	1000-500
ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΑ	
	500-250
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	
Χώροι συναρμολογήσεως άμαξωμάτων	500-250
Χώροι συναρμολογήσεως έξαρτημάτων	1000-500
Χώροι συναρμολογήσεως πλαισίου	500-250
Χώρος έλέγχου	2000-1000
ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	
Συνεργείο (γενικός φωτισμός)	500-250
Συνεργείο (τράπεζα εργασίας)	1000-500
Λιπαντήριο (γενικός φωτισμός)	150
Χώρος λιπάνσεως	500-250
Πλυντήριο	500-250
Χώρος σταθμεύσεως	150
Έκθεσις	1000-500
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ	
	1000-500
ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ	
Χώροι συναρμολογήσεως	500-250
Χώροι επί μέρους εργασιών	1000-500
Χώροι κινήσεως, γερανογέφυραι	150
ΒΑΦΕΙΑ	
Γενικαί εργασίαι	1000-500
Έλεγχος εργασίας-είδικαί εργασίαι	2000-1000

ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Αίθουσα πινάκων ελέγχου	1000-500
Λοιποί χώροι	150
ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΑΙ	
Λεπτοουργαί εργασίαι	1000-500
Μη λεπτοουργαί εργασίαι	500-250
ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΕΙΑ	
Αίθουσα ελέγχου προϊόντων	2000-1000
Αίθουσα επίλογής υλικών	1000-500
Λοιποί χώροι	500-250
ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ	
	500-250
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΣΑΚΧΑΡΕΩΣ	
Έλεγχος χρώματος	2000-1000
Φυγοκετρικαί μηχαναί, κάθαρσις	1000-500
Λοιπαί εργασίαι	500-250
Άποθήκαι	150
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	
Μηχαναί πλύσεως, έλεγχος καθαρότητος	1000-500
Έλεγχος πληρώσεως, εργαστήρια	
Διαλογή φιαλών, τάπητες μεταφοράς	500-250
Λοιποί χώροι	150
ΕΡΙΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ	
Χώρος ταχέως κινουμένων μηχανημάτων,	
χώροι επίθεωρήσεως χρωμάτων	2000 και άνω
Λοιποί χώροι	1000-500
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ	
Τελικός έλεγχος	2000-1000
Λοιποί χώροι	500-250
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΡΜΑΤΩΝ	
	2000-1000
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΙ ΧΑΡΤΟΥ	
Τελικός έλεγχος	1000-500
Λοιπαί εργασίαι	500-250
Άποθήκαι	150
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ-ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ	
Κατασκευή μητρών, έτοιμασίας	
πιεστηρίων, διορθώσεις κλπ. εργασίαι	1000-500
Έλεγχος χρωμάτων	2000

176

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

(ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ)

ΜΑΙΟΣ 2009

Εισαγωγικές έννοιες

Ιδιότητες και Μετασχηματισμοί Μιγαδικών Αριθμών

Καρτεσιανή Μορφή Μιγαδικών Αριθμών.

Έστω οι παρακάτω μιγαδικοί αριθμοί σε καρτεσιανή μορφή:

$$z_1 = x_1 + jy_1, z_2 = x_2 + jy_2$$

$$\text{Πρόσθεση: } z_3 = z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

$$\text{Αφαίρεση: } z_3 = z_1 - z_2 = (x_1 - x_2) + j(y_1 - y_2)$$

Οι πράξεις του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης απαιτούν αρκετές πράξεις και είναι προτιμότερο να γίνονται με τους μιγαδικούς αριθμούς σε πολική μορφή.

Πολική Μορφή Μιγαδικών Αριθμών.

Έστω οι παρακάτω μιγαδικοί αριθμοί σε πολική μορφή:

$$z_1 = |z_1| \angle \theta_1, z_2 = |z_2| \angle \theta_2$$

$$\text{Πολλαπλασιασμός: } z_3 = z_1 * z_2 = |z_1 * z_2| \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

$$\text{Διαίρεση: } z_3 = \frac{z_1}{z_2} = \left| \frac{z_1}{z_2} \right| \angle (\theta_1 - \theta_2)$$

Οι πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης απαιτούν αρκετές πράξεις και είναι προτιμότερο να γίνονται με τους μιγαδικούς αριθμούς σε καρτεσιανή μορφή.

Μετατροπή Μιγαδικών Αριθμών από Πολική Μορφή σε Καρτεσιανή Μορφή.

$$\text{Πολική Μορφή: } z = |z| \angle \theta$$

$$\text{Καρτεσιανή Μορφή: } z = x + jy$$

$$x = z * \cos \theta$$

$$y = z * \sin \theta$$

Μετατροπή Μιγαδικών Αριθμών από Καρτεσιανή Μορφή σε Πολική Μορφή.

$$\text{Καρτεσιανή Μορφή: } z = x + jy$$

$$\text{Πολική Μορφή: } z = |z| \angle \theta$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

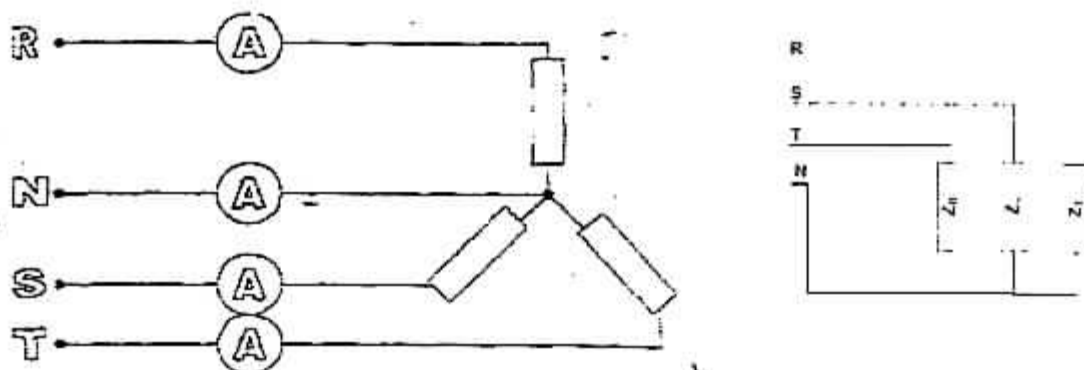
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

Άσκηση 8**Μετρήσεις σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση αστέρα.****A. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις**

1. Με χρήση του ενδείκτη διαδοχής φάσεων να εντοπίσετε τη σύνδεση της τριφασικής πηγής ώστε να έχουμε ορθή διαδοχή. Σημειώστε στο ακόλουθο σχήμα τη σύνδεση που εντοπίσατε.

Αριθμός ακροδέκτη	1	2	3	4
Φάση				N

2. Μετρήστε τις πολικές και φασικές τάσεις με το βολτόμετρο. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 1.
3. Να συνδέσετε τις 3 ωμικές αντιστάσεις σε συνδεσμολογία 4 αγωγών (αστέρας με ουδέτερο), τοποθετώντας κατάλληλα αμπερόμετρα για τη μέτρηση των ρευμάτων, όπως στο σχήμα 1. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 2.
4. Να αφαιρέσετε τον ουδέτερο. Παρατηρείτε κάποια μεταβολή; Πως ερμηνεύετε την παρατήρηση σας; Να καταγράψετε τις τιμές των φασικών ρευμάτων στο πίνακα 2
5. Να δημιουργήσετε ασυμμετρία στον αστέρα και να μετρήσετε τα ρεύματα σε συνδεσμολογία 4 αγωγών (με ουδέτερο). Τι παρατηρείτε;
6. Αφαιρέσετε τον ουδέτερο στον ασύμμετρο αστέρα. Τι παρατηρείτε.
7. Να καταγραφούν όλες οι μετρήσεις των ρευμάτων και για αυτή την περίπτωση.
8. Μετρήστε τις τάσεις μεταξύ κάθε φάσης και του κόμβου O του αστέρα και την Τάση ON μεταξύ κόμβου του αστέρα και ουδετέρου. Τι παρατηρείτε;



Σχήμα 1: Τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία αστέρα

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**Πίνακας 1:** Μέτρηση τάσεων

Τάσεις	Χαρακτηρισμός	Τιμή
Φασικές		
Πολικές		

Πίνακας 2: Μετρήσεις σε τριφασικό φορτίο σε μορφή αστέρα

Αστέρας	Σύνδεση ουδέτερου	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
		I_R	I_S	I_T	I_N	I_R	I_S	I_T	I_N
Συμμετρικός	ΝΑΙ								
	ΟΧΙ								
Ασύμμετρος	ΝΑΙ								
	ΟΧΙ								

Πίνακας 3: Τιμές Φορτίων

Αστέρας	Z_R	Z_S	Z_T
Συμμετρικός			
Ασύμμετρος			

Πίνακας 4: Μετρήσεις τάσεων σε ασύμμετρο τριφασικό φορτίο χωρίς ουδέτερο.

Τάση	Τιμή
V_{RO}	
V_{SO}	
V_{TO}	
V_{ON}	

Β. Ερωτήσεις υπολογισμοί.

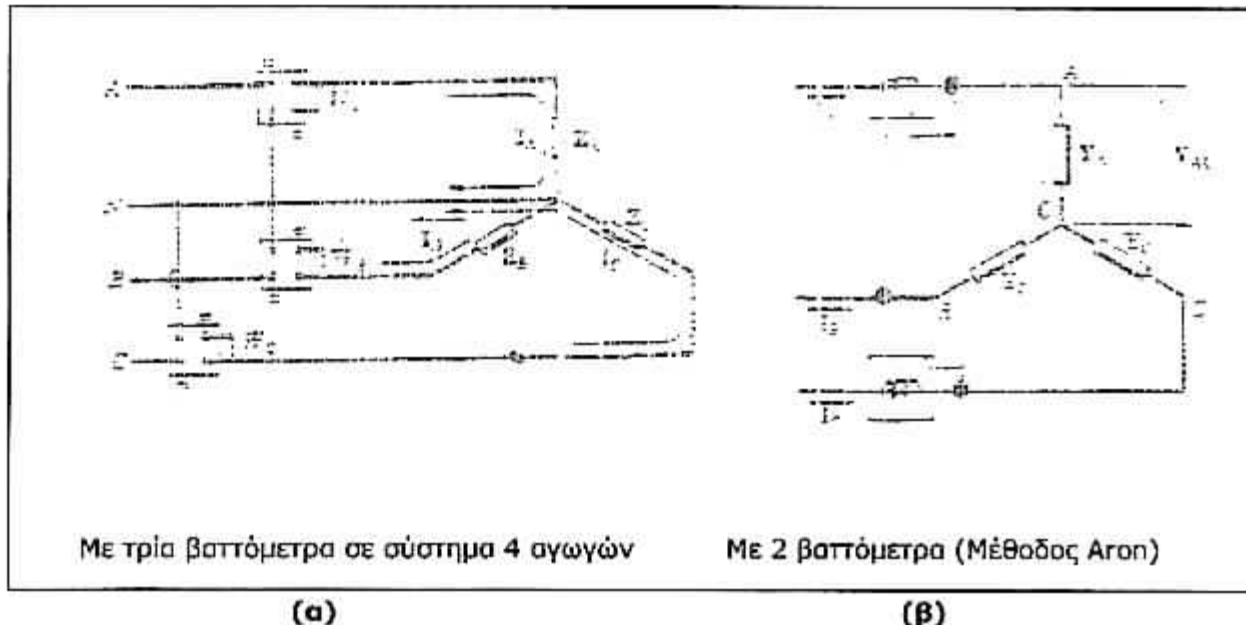
1. Ποια είναι η ονομαστική τιμή της φασικής και πολικής τάσης στο Ελληνικό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενεργείας.
2. Ποια σχέση συνδέει τη φασική με την πολική τάση στα τριφασικά συστήματα; Επιβεβαιώνετε αυτό από τις μετρήσεις σας.
3. Τι παρατηρείτε για τις τάσεις στα φορτία στον ασύμμετρο αστέρα χωρίς ουδέτερο;
4. Σε μια τριφασική οικιακή εγκατάσταση τα φορτία διασυνδέονται κατανέμοντας τα σε συνδέσεις μεταξύ κάθε φάσης και ουδέτερου. Γενικά επειδή κάθε χρονική στιγμή δεν λειτουργούν όλα τα φορτία και δεν είναι ίσα μεταξύ τους ο αστέρας που προκύπτει είναι ασύμμετρος. Τι πρόβλημα προκύπτει αν από λάθος υπάρξει διακοπή του ουδέτερου στην κεντρική γραμμή τροφοδοσίας στην ως άνω εγκατάσταση και τι συνέπειες μπορεί να έχει.
5. Από τις τιμές των τάσεων που μετρήσατε να υπολογίσετε τα ρεύματα γραμμών στο συμμετρικό και ασύμμετρο αστέρα στις συνδεσμολογίες με ουδέτερο.
6. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας με τις αντίστοιχες μετρήσεις και να δείτε αν συμφωνούν.
7. Να κατασκευάσετε σε κατάλληλη βαθμολογημένη κλίμακα το διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων για το συμμετρικό και ασύμμετρο αστέρα 4 αγωγών.

Γ. Άσκηση

1. Ένα τριφασικό σύστημα RST τεσσάρων αγωγών με πολική τάση 400 V τροφοδοτεί ένα φορτίο αστέρα με $Z_R = 10 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_S = 15 \angle 30^\circ \Omega$, $Z_T = 10 \angle -30^\circ \Omega$. Να βρεθούν τα ρεύματα γραμμών, το ρεύμα ουδέτερου.

Άσκηση 9

Μετρήσεις ηλεκτρικής ισχύος σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση αστέρα.



Σχήμα 1. Μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος

A. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις

1. Να συνδέσετε τα φορτία του εργαστηριακού σας πάγου σε συνδεσμολογία αστέρα 4 αγωγών τοποθετώντας τα απαραίτητα βαττόμετρα για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος, όπως στο **σχήμα 1α**.
2. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 1.
3. Να πραγματοποιήσετε τις μετρήσεις σας τόσο για συμμετρικό φορτίο και ασύμμετρο.
4. Να συνδέσετε το συμμετρικό φορτίο σε μορφή αστέρα τριών αγωγών και να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 2
5. Να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ με τη μέθοδο των δύο βαττομέτρων (μέθοδος Αρσον) στην περίπτωση του συμμετρικού αστέρα τριών αγωγών, όπως στο **σχήμα 1β**. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 3.
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα για τις 2 μεθόδους μετρήσεων στον συμμετρικό αστέρα τριών αγωγών;

Πίνακας 1: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 4 αγωγών

Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
		P_R	P_S	P_T	P	P_R	P_S	P_T	P
ΝΑΙ	Συμμετρικός								
	Ασύμμετρος								

Πίνακας 2: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 3 αγωγών

Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
		P_R	P_S	P_T	P	P_R	P_S	P_T	P
ΟΧΙ	Συμμετρικός								
	Ασύμμετρος								

Πίνακας 3: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 3 αγωγών με τη μέθοδο Αρον

Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
		P_R	P_T	P	P_R	P_T	P
ΟΧΙ	Συμμετρικός						
	Ασύμμετρος						

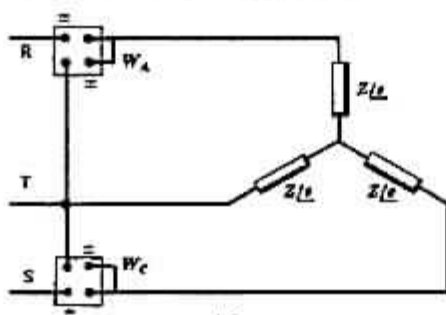
Β. Ερωτήσεις - υπολογισμοί.

1. Ποια σχέση μπορείτε να χρησιμοποιήσετε στον υπολογισμό της ισχύος σε συμμετρικό τριφασικό σύστημα;
2. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ από τις τιμές των ρευμάτων και των τάσεων, λαμβάνοντας υπόψη ότι αφού τα φαρτία μας είναι ωμικά δεν υπάρχει διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεων και ρευμάτων.
3. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ, στον συμμετρικό αστέρα μέσω της σχέσης $P = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi} \cos \phi$. Τι παρατηρείτε;

4. Από τις μετρήσεις σας επιβεβαιώστε τι παριστάνει το $I_{\gamma\phi}^2 R$ σε ένα φορτίο κατά τη λειτουργία του σε εναλλασσόμενο ρεύμα;

Γ. Ασκήσεις

1. Τρεις όμοιες ωμικές αντιστάσεις $R=1000 \Omega$ συνδέονται κατά αστέρα σε τριφασικό δίκτυο $400V/50 \text{ Hz}$. Υπολογίστε την πραγματική ισχύ. ($\gamma 158.7 \text{ W}$)
2. Να υπολογίσετε τις ενδείξεις των βαττομέτρων στο ακόλουθο κύκλωμα, με δεδομένες τις τιμές των ρευμάτων. Η τριφασική πηγή είναι $230/400V$ με δεξιόστροφη διαδοχή φάσεων

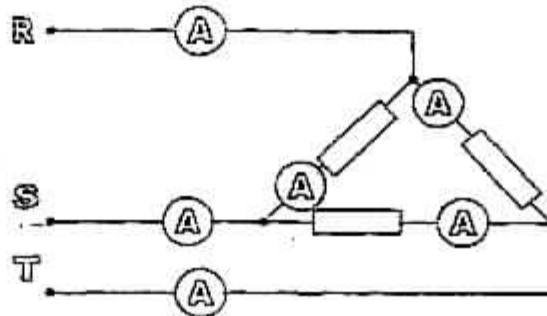
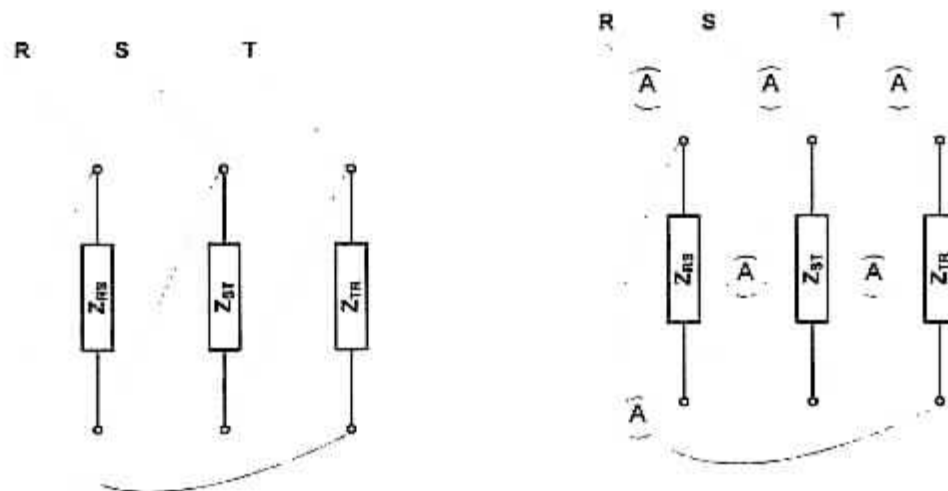


Δίνονται τα ρεύματα:

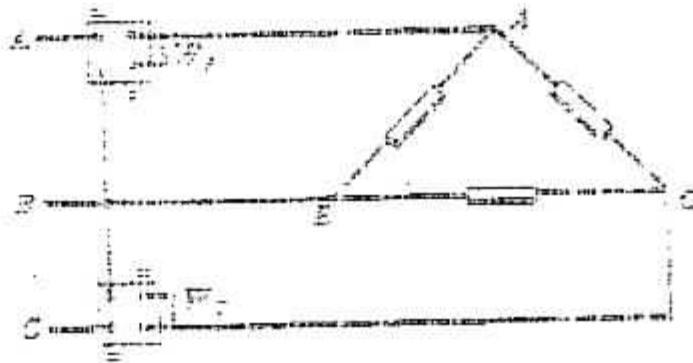
$$I_R = 29.72 \angle 80^\circ$$

$$I_S = 57.3 \angle -9.9^\circ$$

$$I_T = 57.3 \angle 179.9^\circ$$

Άσκηση 10**Μετρήσεις σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση τριγώνου****Α. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις****Σχήμα 1 :** Συνδεσμολογία τριγώνου με τα όργανα για τη μέτρηση των ρευμάτων.**Σχήμα 2 :** Συνδεσμολογία τριγώνου παραστατικό κατασκευαστικό σχήμα

1. Να συνδέσετε τις 3 ωμικές αντιστάσεις 1000 Ω του πάγκου εργασίας σας σε συνδεσμολογία τριγώνου, όπως στο σχήμα 2.
2. Να συνδέσετε τα αμπερόμετρα και να τροφοδοτήσετε το φορτίο για τη μέτρηση των ρευμάτων κλάδων και των ρευμάτων γραμμής.
3. Να επαναλάβετε τις μετρήσεις για ασύμμετρο τριφασικό φορτίο αφού αντικαταστήσετε την μία αντίσταση με τον παράλληλο συνδυασμό 1000//1000 Ω και να καταγράψετε τις τιμές στο Πίνακα 1.



Σχήμα 3: Μέθοδος Αρον για τη μέτρηση της ισχύος

4. Να σχεδιάσετε τη συνδεσμολογία για τη μέτρηση της ισχύος με τη μέθοδο Αρον. Να σημειώσετε σαφώς σε ποιες γραμμές θα συνδεθούν τα πηνία τάσεως και εντάσεως των βαττόμετρων.
5. Να πραγματοποιήσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα που σχεδιάσατε με την τοποθέτηση των οργάνων,
6. Να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ με τη μέθοδο Αρον στο συμμετρικό και ασύμμετρο φορτίο και να καταγράψετε τις τιμές στο Πίνακα 3.

Πίνακας 1: Μετρήσεις σε τριφασικό φορτίο σε μορφή τριγώνου

	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ						ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ					
	Ρεύματα κλάδων			Ρεύματα γραμμών			Ρεύματα κλάδων			Ρεύματα γραμμών		
Τρίγωνο	I_{RS}	I_{ST}	I_{TR}	I_R	I_S	I_T	I_{RS}	I_{ST}	I_{TR}	I_R	I_S	I_T
Συμμετρικό												
Ασύμμετρο												

Πίνακας 2: Τιμές Φορτίων

Τρίγωνο	Z_{RS}	Z_{ST}	Z_{TR}
Συμμετρικό			
Ασύμμετρο			

Πίνακας 3: Μετρήσεις ισχύος σε συνδεσμολογία τριγώνου με τη μέθοδο Aron

Τρίγωνο	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
	P_R	P_T	P	P_R	P_T	P
Συμμετρικό						
Ασύμμετρο						

Β. Ερωτήσεις - υπολογισμοί.

1. Ποια σχέση συνδέει το ρεύμα γραμμής με το ρεύμα κλάδου στο συμμετρικό τριφασικό φορτίο κατά την συνδεσμολογία τριγώνου.
2. Από τις μετρήσεις που λάβατε, να συγκρίνετε το ρεύμα γραμμής και το ρεύμα κλάδου στο συμμετρικό τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία τριγώνου. Τι παρατηρείτε;
3. Συγκρίνετε τα ρεύματα γραμμών στο τρίγωνο σε σχέση με τα αντίστοιχα στη σύνδεση συμμετρικού αστέρα. Τι παρατηρείτε;
4. Να υπολογίσετε τα ρεύματα κλάδων και γραμμών στο τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία τριγώνου.
5. Να γίνουν τα διανυσματικά διαγράμματα τάσεων και ρευμάτων στο συμμετρικό και σύμμετρο τρίγωνο. Τα διαγράμματα θα γίνουν σε κατάλληλα βαθμολογημένα κλίμακα.
6. Από τις τιμές ρευμάτων που υπολογίσατε και τις τιμές των πολικών τάσεων να υπολογίσετε τις τιμές της ισχύος για τις δύο περιπτώσεις.
7. Πότε ένα βαττόμετρο στη μέθοδο Aron μπορεί να δείξει ένδειξη μηδέν ενώ διαρρέεται από ρεύμα.
8. Υπάρχει περίπτωση να δείξει αρνητική τιμή; Πότε θα συμβεί αυτό;

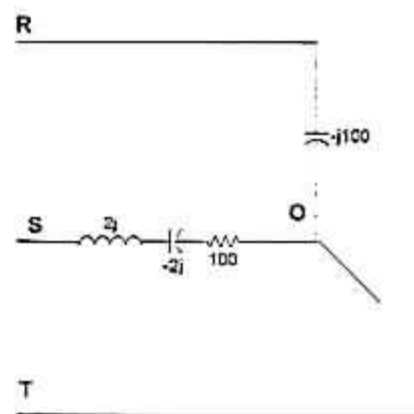
Γ. Ασκήσεις

1. Τρεις όμοιες ωμικές αντιστάσεις $R=1000 \Omega$ συνδέονται σε τρίγωνο σε τριφασικό δίκτυο 400V-500 Hz. Υπολογίστε την πραγματική ισχύ. (Δ 480 W)
2. Ένα τριφασικό σύστημα RST τριών αγωγών και 400 V τροφοδοτεί ένα φορτίο σε σύνδεση τριγώνου με $Z_{RS}=25\angle 90^\circ \Omega$, $Z_{ST}=15\angle 30^\circ \Omega$, $Z_{TR}=20\angle 0^\circ \Omega$. Να υπολογίσετε τα ρεύματα των κλάδων και των γραμμών.
3. Να βρεθούν οι ενδείξεις των βαττομέτρων που θα τοποθετηθούν στις φάσεις R και T για τη μέτρηση της ισχύος με τη μέθοδο Αγοπ στο προηγούμενο κύκλωμα.
4. Τι θα δείξουν τα βαττόμετρα στο κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος. Δίνονται οι τιμές των ρευμάτων
 $I_R = 5 \angle 35^\circ$
 $I_T = 5 \angle 120^\circ$
 Το τριφασικό σύστημα είναι δεξιόστροφο με $U_{\phi} = 400$ V και να δεχθείτε το διάνυσμα της τάσης U_{ST} τοποθετημένη σε γωνία 0°

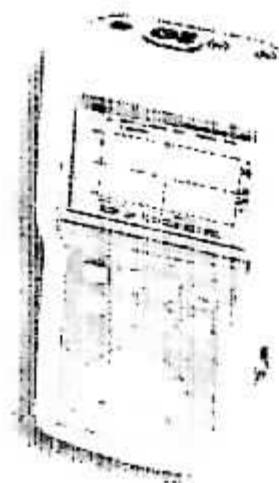


ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1. Να υπολογίσετε τα ρεύματα γραμμής και την πραγματική ισχύ σε ένα τρίγωνο με σύνθετες αντιστάσεις σε κάθε κλάδο $15 \angle 52^\circ \Omega$.
2. Σε ένα τριφασικό σύστημα αστέρα 3 αγωγών με φασική τάση τάση 220 V και ρεύματα $I_R = 43,5 \angle 116,6^\circ \text{ A}$, $I_S = 43,3 \angle -48^\circ \text{ A}$, $I_T = 11,39 \angle 218^\circ \text{ A}$. Να βρείτε τις ενδείξεις των βατομέτρων που θα τοποθετηθούν στις φάσεις R, και S για τη μέτρηση ισχύος κατά Αρον. (5270 W , 6370 W)
3. Ένα φορτίο σε σύνδεση αστέρα με $Z_R = 10 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_S = 10 \angle 60^\circ \Omega$, $Z_T = 10 \angle -60^\circ \Omega$. συνδέετε σε τριφασικό σύστημα αστέρα 3 αγωγών RST τάσης 200 V. Να βρεθούν οι τάσεις των φορτίων ($V_{RO} = 173 \angle 90^\circ \text{ V}$, $V_{SO} = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$, $V_{TO} = 100 \angle 180^\circ \text{ V}$)
4. Ένα τριφασικό σύστημα RST με πολική τάση 208 V Τροφοδοτεί ένα τρίγωνο με $Z_{RS} = 5 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_{ST} = 4 \angle 30^\circ \Omega$ και $Z_{TR} = 6 \angle -15^\circ \Omega$. Να βρείτε τα ρεύματα γραμμής και τις ενδείξεις δύο βατομέτρων που θα τοποθετηθούν στις γραμμές R, T για μέτρηση ισχύος με τη μέθοδο Αρον (70,5 \angle 99,65 A, 90,5 \angle -43,3 A, 54,6 \angle 187,9, 13,7 KW, 11,25 KW)
5. Το κύκλωμα του σχήματος τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 400 V διαδοχής RST Να υπολογιστεί η τάση V_{OT} στο πιο κάτω σχήμα



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Α. Μετρήσεις με γέφυρα μετρήσεων και υπολογισμοί για μονοφασική πηγή.

1. Για το επαγωγικό φορτίο του πάγκου εργασίας σας και με χρήση της γέφυρας μετρήσεων μετρήστε τα μεγέθη L και R .
2. Μετρήστε την τάση της μονοφασικής πηγής εναλλασσόμενης τάσης.

Πίνακας Ι

R	
L	
U	

3. Προσδιορίστε από τα στοιχεία, L , R την πραγματική, άεργο, και φαινόμενη ισχύ που θα απορροφήσει το φορτίο, αν συνδεθεί στην πηγή.
4. Προσδιορίστε τον συντελεστή ισχύος.
5. Προσδιορίστε τη διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και ρεύματος που θα παρουσιαστεί όταν το φορτίο αυτό συνδεθεί στην πηγή.
6. Καταχωρείστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας στον Πίνακα ΙΙ

Πίνακας ΙΙ

	Υπολογισμός	Μέτρηση
P		
Q		
S		
cosφ		
φ		
Φ (Από τις κυματομορφές)		

Β. Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

1. Συνδέστε το επαγωγικό φορτίο με την πηγή .
2. Με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας μετρήστε την πραγματική, άεργο, φαινόμενη ισχύ.
3. Μετρήστε τον συντελεστή ισχύος και τη γωνία
4. Μετρήστε τη διαφορά φάσεως από τις κυματομορφές τάσεως ρεύματος που εμφανίζονται στην οθόνη του αναλυτή.
5. Καταχωρίστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα ΙΙ
6. Συγκρίνετε τις τιμές που μετρήσατε με τις τιμές που υπολογίσατε από τις τιμές των R και L στον Πίνακα ΙΙ. Εντοπίζετε διαφορές; Που τις αποδίδετε;

Γ. Μετρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

1. Τροφοδοτήστε το επαγωγικό φορτίο παράλληλα με το ωμικό από εναλλασσόμενη τάση η οποία διέρχεται από τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. (Χρησιμοποιείστε δηλαδή ως πηγή τους ακροδέκτες που παρέχουν τάση μέσω του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας)
2. Συνδέστε τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Μετρήστε την πραγματική, άεργο και φαινόμενη ενέργεια που καταναλώνει το φορτίο αν παραμείνει συνδεδεμένο μέχρι ο μετρητής να πραγματοποιήσει 3 στροφές.
4. Συγκρίνετε την ηλεκτρική ενέργεια που μετρήσατε με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας με την ένδειξη που παίρνετε από τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

5. Προσδιορίστε τα επί τρις εκατό σφάλμα του μετρητή, θεωρώντας ως όργανο αναφοράς τον αναλυτή ηλεκτρικής ενεργείας.

Πίνακας ΙΙΙ

Μέγεθος	Μετρητής ηλ. Ενεργείας	Αναλυτής Ηλ. Ενεργείας.
Wh		
VARh		
VAh		

Δ. Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενεργείας σε τριφασικά συστήματα.

1. Συνδέστε τα τρία φορτία των 1000 Ω του πάγου εργασίας σας σε διάταξη τριγώνου και τροφοδοτείστε από την πηγή τριφασικής τάσεως.
2. Οι μετρήσεις που θα ακολουθήσουν θα γίνουν με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενεργείας.
3. Μετρήστε τα ρεύματα γραμμών και τα ρεύματα κλάδων.
4. Από τις μετρήσεις σας συγκρίνετε τα ρεύματα γραμμών με τα ρεύματα κλάδων στο συμμετρικό τριφασικό σύστημα σε συνδεσμολογία τριγώνου. Τι Παρατηρείται;

Πίνακας ΙV

Ρεύματα κλάδων		Ρεύματα Γραμμών	
I_{RS}		I_R	
I_{ST}		I_S	
I_{TR}		I_T	

5. Μετρήστε την ισχύ κάθε κλάδου και τη συνολική ισχύ ($P=3P_k$)



6. Μετρήστε την ισχύ μέσω της λειτουργίας 3Φ του Αναλυτή Ηλεκτρικής Ενεργείας.
7. Με χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενεργείας να προσδιορίσετε τη διαδοχή των φάσεων στην τριφασική πηγή του πάγου εργασίας σας.

Πίνακας V

P_k	
$P = 3P_k$	
P (Λειτουργία 3 Φ)	