

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΕΙΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

### Διδακτικοί Στόχοι

Η απόκτηση ικανότητας:

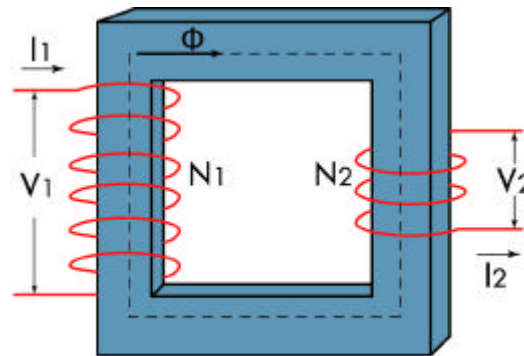
- Στην αναγνώριση των τυλιγμάτων ενός μονοφασικού μετασχηματιστή
- Στον έλεγχο συνέχειας των τυλιγμάτων μονοφασικού μετασχηματιστή
- Στη μέτρηση αντίστασης πρωτεύοντος - δευτερεύοντος.

### I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο μετασχηματιστής, στη στοιχειώδη του μορφή, αποτελείται από δύο τυλίγματα, που βρίσκονται σε στενή μαγνητική σύζευξη μέσω ενός κοινού πυρήνα.

Ο πυρήνας του μετασχηματιστή κατασκευάζεται από υλικά με μεγάλη διαπερατότητα, χωρίς κανένα διάκενο και παρουσιάζει μικρή μαγνητική αντίσταση. Κατασκευάζεται πάντοτε από ελάσματα σιδήρου, γιατί μέσα από αυτόν διοχετεύεται εναλλασσόμενη ροή.

Αν μια εναλλασσόμενη τάση  $V_1$ , η οποία πρόκειται να μετασχηματισθεί, εφαρμοσθεί στα άκρα του



*Αρχή λειτουργίας  
του μονοφασικού μετασχηματιστή*

ενός από τα δύο τυλίγματα, τότε στα άκρα του άλλου τυλιγματος εμφανίζεται μια μετασχηματισμένη τάση  $V_2$ . Ο λόγος της μιας τάσεως προς την άλλη λέγεται λόγος μετασχηματισμού του μετασχηματιστή και διαφέρει πολύ λίγο από τον λόγο του αριθμού των σπειρών  $N_1$  προς  $N_2$  των δύο τυλιγμάτων.

Το τύλιγμα του μετασχηματιστή, που τροφοδοτείται με την τάση  $V_1$ , η οποία πρόκειται να μετασχηματισθεί ονομάζεται πρωτεύον. Το άλλο τύλιγμα, που εμφανίζει στα άκρα τη μετασχηματισμένη τάση  $V_2$  ονομάζεται δευτερεύον τύλιγμα. Αντίστοιχα, οι τάσεις  $V_1$  και  $V_2$  μπο-ρουν να ονομαστούν για συντομία τάση πρωτεύουσα και τάση δευτερεύουσα. Έτσι τα δύο ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$ ,

που διαρρέουν τα δύο τυλίγματα θα αποτελούν τα ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος του μετασχηματιστή.

Πρέπει να τονισθεί, ότι ο μετασχηματιστής μπορεί να λειτουργήσει και αντίστροφα. Κατά συνέπεια, η διάκριση των τυλιγμάτων σε πρωτεύον και δευτερεύον δεν αντιστοιχεί σε κάποιο κατασκευαστικό γεγονός, εφ' όσον και τα δύο τυλίγματα μπορούν να λειτουργήσουν σαν πρωτεύον ή σαν δευτερεύον.

**Κατασκευαστικά τα δύο τυλίγματα του μετασχηματιστή διακρίνονται:**

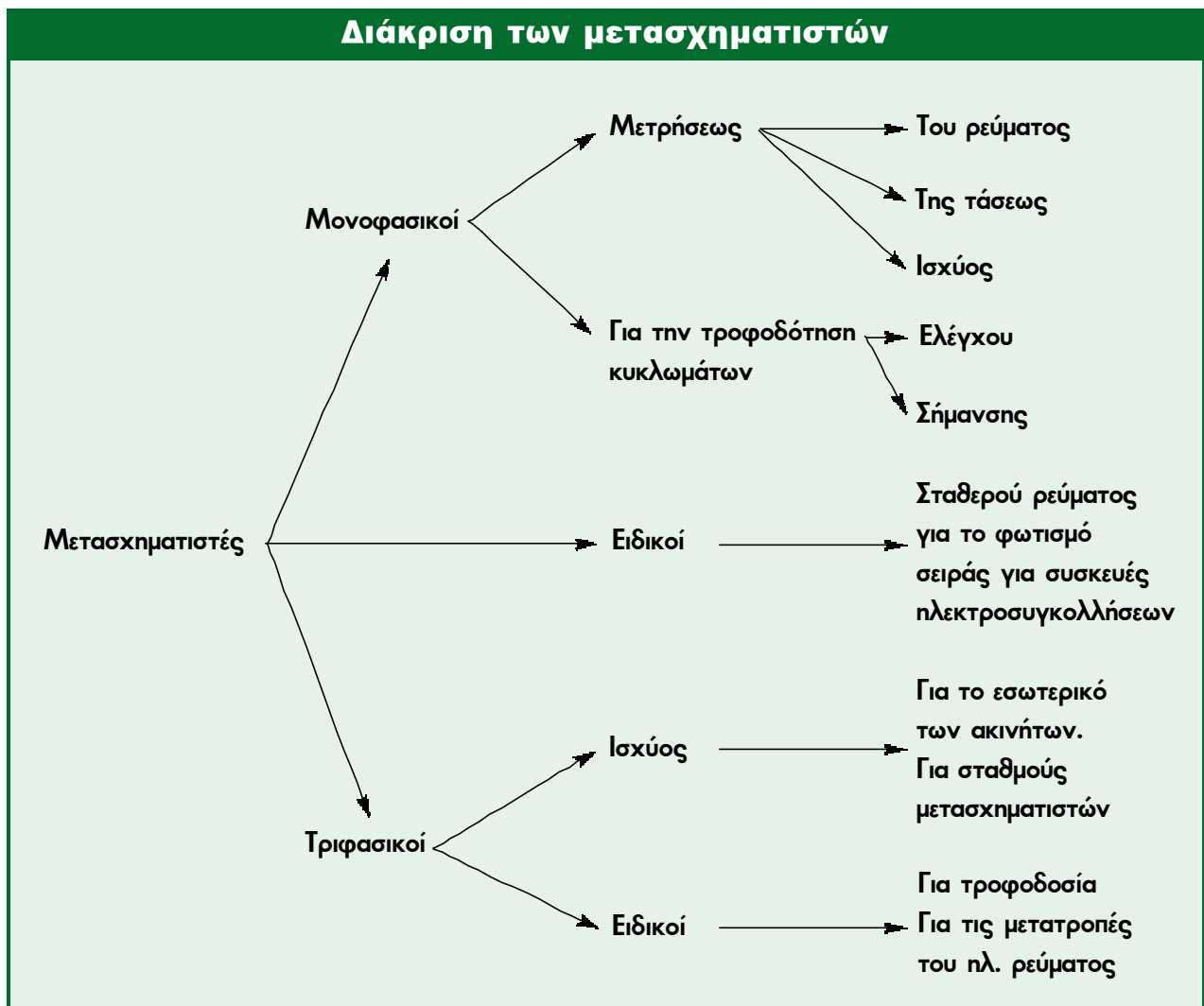
**A. στο τύλιγμα υψηλής τάσεως (Υ.Τ.)**

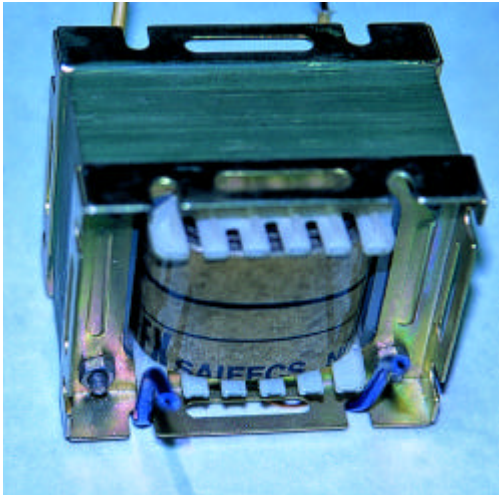
**B. στο τύλιγμα χαμηλής τάσεως (Χ.Τ.)**

Το τύλιγμα υψηλής τάσεως (Υ.Τ.) κατασκευάζεται από μεγάλο αριθμό σπειρών, ενώ το τύλιγμα χαμηλής τάσεως από μικρό αριθμό σπειρών.

Μετά το πέρας της κατασκευής του Μ/Σ πρώτα απ' όλα πρέπει να γίνει δοκιμή της μόνωσης.

Η δοκιμή αυτή δεν πρέπει να γίνει με το ωμόμετρο, γιατί δεν είναι ακριβής, όμως, σε έλλειψη άλλων





*Τυλιγμένος μονοφασικός μετασχηματιστής*

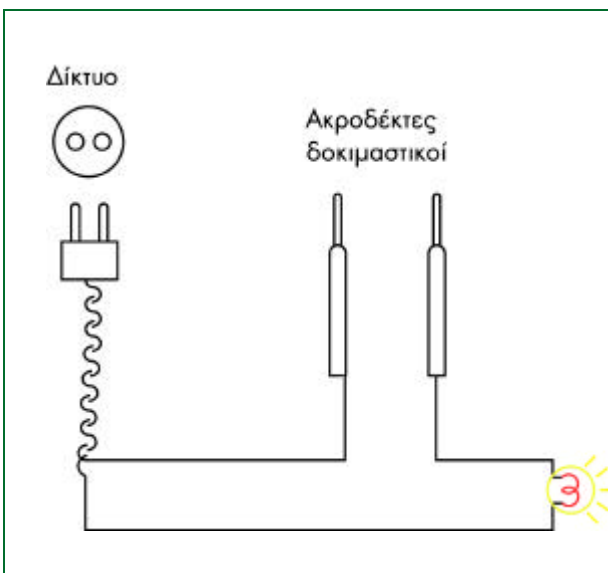


*Μονοφασικός μετασχηματιστής με καπάκια*

μέσων συνιστούμε τη χρήση ωμόμετρου μόνο για να βεβαιωθούμε, τουλάχιστον, για την παρουσία ενδεχόμενων ανεπιθύμητων βραχυκυκλωμάτων.

Η ανάγνωση του ωμόμετρου δεν μπορεί να είναι αληθινή δοκιμή μόνωσης, γιατί το ωμόμετρο θέτει στη δοκιμή μόνο τη δική του τάση.

Η δοκιμή μόνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με οικονομικό τρόπο, με τη βοήθεια ενός κυκλώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



*Κύκλωμα για τη δοκιμή της μόνωσης*

Το δοκιμαστικό κύκλωμα ουσιαστικά αποτελείται από μια λάμπα που είναι συνδεδεμένη σε σειρά και από δύο μεταλλικούς ακροδέκτες με τους οποίους πρέπει ο χειριστής να μην έρθει σε επαφή γιατί βρίσκονται υπό τάση.

#### **Η δοκιμή πραγματοποιείται ως εξής:**

Το ένα άκρο της δοκιμαστικής λυχνίας ακουμπάει στον πυρήνα του Μ/Σ, φυσικά, αυτά πρέπει να προκύψουν μονωμένα ως προς τον πυρήνα (λάμπα σβηστή). Το κανονικό άναμμα της λάμπας σημαίνει βραχυκύκλωμα με παρεμβολή αντίστασης. Σε κάθε περίπτωση βλάβης θα πρέπει να διαπιστώνεται αυτή και να επισκευάζεται.

Η ίδια δοκιμή που πραγματοποιήθηκε μεταξύ του σιδήρου και του χαλκού πρέπει να πραγματοποιηθεί και μεταξύ των διαφορετικών τυλιγμάτων του Μ/Σ.

Βέβαια, η δοκιμή της μόνωσης πρέπει να πραγματοποιείται σε εξοπλισμένα εργαστήρια που είναι εφοδιασμένα με δεκαπλάσια τάση από την τάση λειτουργίας του Μ/Σ που πρόκειται να ελεγχθεί.

Μετά από τον έλεγχο της μόνωσης πρέπει να γίνει η επαλήθευση των τάσεων. Η εργασία αυτή είναι σχετικά εύκολη, φυσικά, απαιτεί τη γνώση των τιμών των τάσεων λειτουργίας για τις οποίες ο Μ/Σ έχει υπολογιστεί. Αν ο Μ/Σ στο πρωτεύον έχει περισσότερα τυλίγματα του ενός μπορούμε να ελέγξουμε την ακρίβεια των τάσεων με τη βοήθεια ενός βολτόμετρου συνδεδεόντάς το μεταξύ του μηδενός και του κάθε ξεχωριστού άκρου.

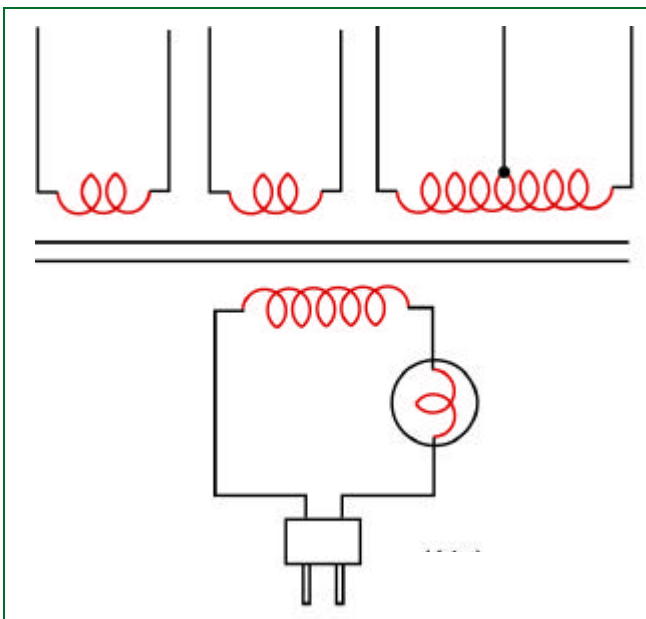
Ανάλογος έλεγχος πρέπει να γίνει στο δευτερεύον ή στα δευτερεύοντα του Μ/Σ. Εδώ πρέπει να έχουμε υπόψη μας, ότι οι τάσεις πρέπει να είναι ελαφρώς μεγαλύτερες, γιατί ο Μ/Σ λειτουργεί στο κενό δηλ. χωρίς φορτίο.

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι στην περίπτωση των τυχαίων βραχυκυκλωμάτων, μεταξύ αντιδιαμετρικών σπειρών ενός μεσαίου τυλίγματος ή μεταξύ των στρώσεων, είναι δύσκολος ο εντοπισμός χρησιμοποιώντας απλά ένα ωμόμετρο. Ο εντοπισμός είναι δύσκολος γιατί προκαλούν μικρές μεταβολές στην τιμή της εσωτερικής αντίστασης του τυλίγματος. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι τα βραχυκυκλώματα αυτής της φύσεως δεν λαμβάνονται υπόψιν. Το βραχυκύκλωμα μιας μόνης σπείρας δημιουργεί προβλήματα στη λειτουργία του κυκλώματος και μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτωση που δεν την περιμένουμε.

Επίσης μια βραχυκυκλωμένη σπείρα του δευτερεύοντος μπορεί να προκαλέσει το κάψιμο του πρωτεύοντος τυλίγματος, γιατί η παρουσία μιας βραχυκυκλωμένης σπείρας δημιουργεί τη ροή ενός ρεύματος με μεγάλη ένταση και ως εκ τούτου τη μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος στο πρωτεύον εξ επαγωγής.

Η παρουσία βραχυκυκλωμάτων μεταξύ στρώσεων ή μεταξύ σπειρών μπορεί να εντοπιστεί με τον παρακάτω τρόπο.

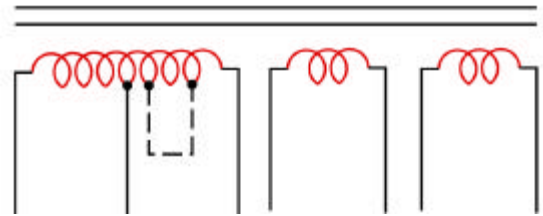
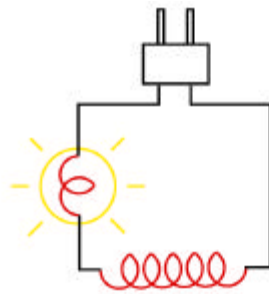
Αποσυνδέονται όλα τα φορτία από τα δευτερεύοντα τυλίγματα του Μ/Σ και συνδέεται στο πρωτεύον του Μ/Σ μια λάμπα σε σειρά.



*Κύκλωμα για τον έλεγχο πιθανών βραχυκυκλωμένων σπειρών*

Αν ο Μ/Σ δεν παρουσιάζει ελάττωμα τότε στο πρωτεύον τύλιγμα θα κυκλοφορεί ένα πολύ μικρό ρεύμα το οποίο δεν είναι ικανό να ανάψει τη λάμπα, δηλ. σβηστή λάμπα σημαίνει ότι στο δευτερεύον του Μ/Σ δεν υπάρχει ελάττωμα.

Αντίθετα αν ο Μ/Σ έχει μία ή περισσότερες σπείρες βραχυκυκλωμένες τότε το ρεύμα στο πρωτεύον θα είναι σημαντικό και θα προκαλεί το άναμμα της λάμπας.



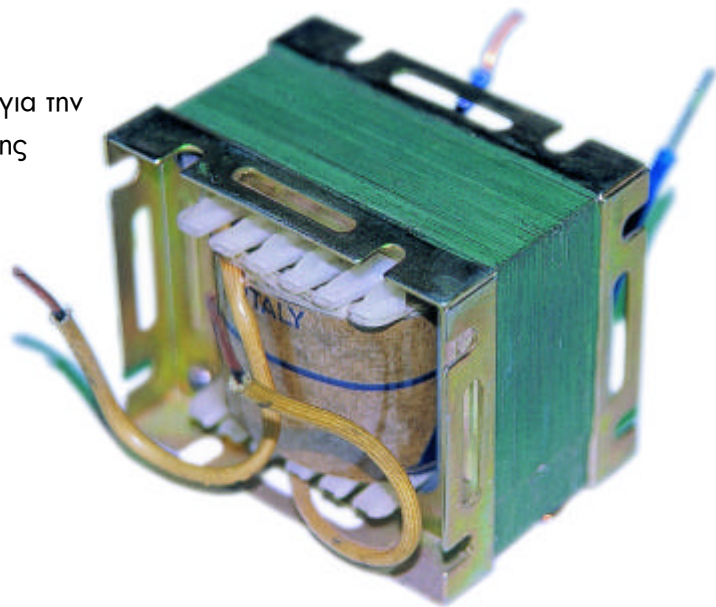
Κύκλωμα με σφάλμα βραχυκυκλωμένων σπειρών

## II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. Σχέδιο έργου

Ενδεικτικός τύπος μετασχηματιστή που θα χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση της άσκησης

Άκρα τυλίγματος πρωτεύοντος



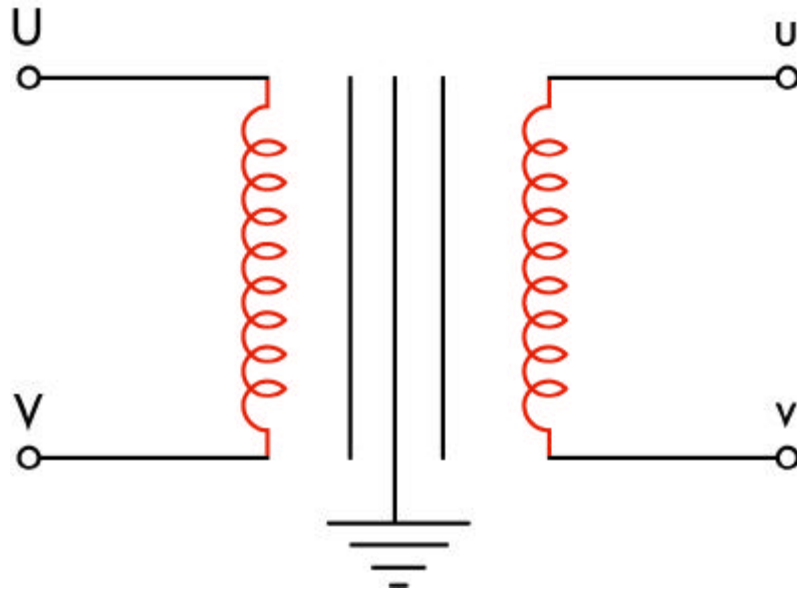
Άκρα τυλίγματος δευτερεύοντος

### 2. Όργανα - συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

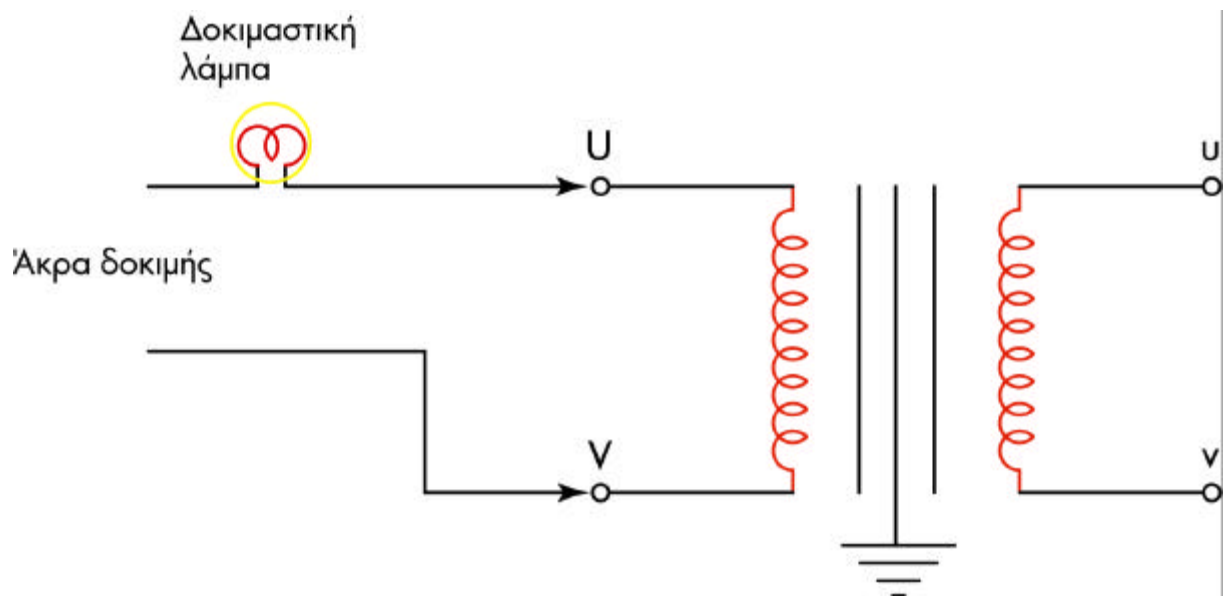
- Μετασχηματιστής 230/42V, 200 VA
- Δοκιμαστική λυχνία
- Ωμόμετρο ψηφιακό
- Μέγγερ
- Αγωγοί σύνδεσης

### 3. Πορεία εργασίας

1. Αναγνώριση των τυλιγμάτων του Μ/Σ. Παρατηρούμε και σημειώνουμε το τύλιγμα Υ.Τ και Χ.Τ σύμφωνα με τους αναγραφόμενους συμβολισμούς.

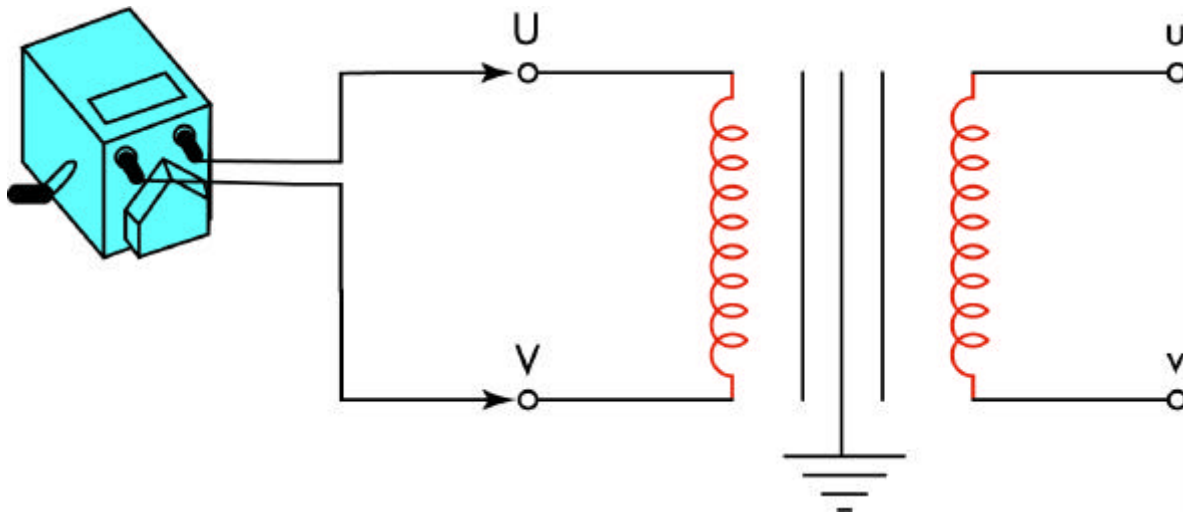


2. Έλεγχος της συνέχειας των τυλιγμάτων με τη βοήθεια δοκιμαστικού λαμπτήρα.

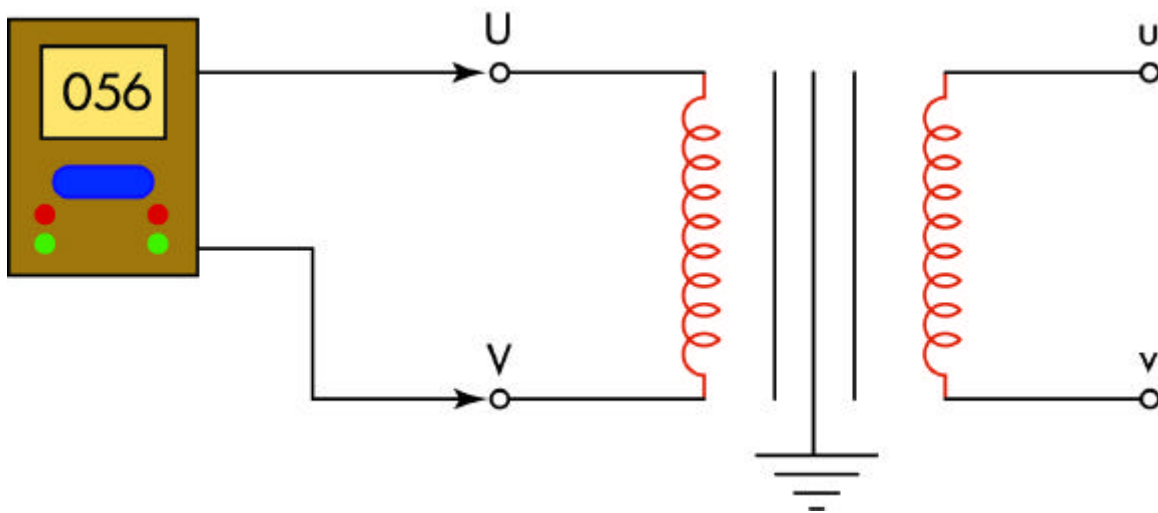


Συνδέουμε το δοκιμαστικό λαμπτήρα στα άκρα των τυλιγμάτων και ελέγχουμε την ηλεκτρική συνέχειά τους.

3. Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης. Με τη χρήση του μέγгер ελέγχουμε το βαθμό μόνωσης των τυλιγμάτων μεταξύ τους και του καθένα με το γειωμένο πυρήνα.



4. Μέτρηση της αντίστασης τυλιγμάτων. Με ένα ψηφιακό ωμόμετρο μετράμε και καταγράφουμε την ακριβή αντίσταση του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλιγματος.





### III. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

**ΕΡ:** Με ποιους τρόπους τυλίγονται τα τυλίγματα των μονοφασικών μετασχηματιστών ψηλής και χαμηλής τάσεως;

**ΑΠ:** Τα τυλίγματα των μονοφασικών μετασχηματιστών ψηλής και χαμηλής τάσεως τυλίγονται ή κατά την ίδια ή κατά αντίθετη φορά.

**ΕΡ:** Με ποιες μεθόδους μπορεί να αντιστραφεί η πολικότητα ενός μονοφασικού μετασχηματιστή;

**ΑΠ:** Η πολικότητα ενός μονοφασικού μετασχηματιστή μπορεί να αντιστραφεί με τις εξής δύο μεθόδους:

**1η μέθοδος:** αλλαγή των εσωτερικών συνδέσεων, δηλαδή, αντιστροφή των συνδέσεων των άκρων του ενός από τα δύο τυλίγματα ψηλής ή χαμηλής τάσεως.

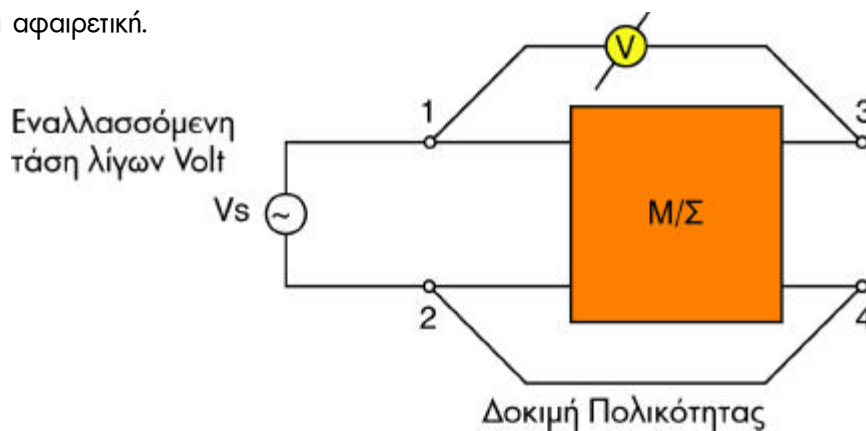
**2η μέθοδος:** εξωτερική αλλαγή, δηλαδή αντιστροφή, απλά, των γραμμάτων, που δηλώνουν τα άκρα του ενός από τα δύο τυλίγματα.

**ΕΡ:** Πότε η παράλληλη λειτουργία δύο ή περισσότερων μετασχηματιστών, που έχουν ίδια ή διαφορετική ισχύ, είναι τέλεια στο κενό και υπό φορτίο;

**ΑΠ:** Η παράλληλη λειτουργία δύο ή περισσότερων μετασχηματιστών είναι τέλεια, όταν οι μετασχηματιστές έχουν τον ίδιο λόγο μετασχηματισμού κενής λειτουργίας, την ίδια τάση βραχυκυκλώσεως  $V_{br}$  και τον ίδιο συντελεστή ισχύος βραχυκυκλώσεως  $\cos\phi_{br}$ .

**ΕΡ:** Να αποδειχθεί τρόπος πρακτικού προσδιορισμού της πολικότητας μονοφασικού μετασχηματιστή.

**ΑΠ:** Η πολικότητα μονοφασικού μετασχηματιστή μπορεί να προσδιορισθεί ως εξής: Βραχυκυκλώνεται κάποιο άκρο του πρωτεύοντος με κάποιο άκρο του δευτερεύοντος. Κατόπιν, τροφοδοτείται το πρωτεύον, και μετριέται με βολτόμετρο η τάση μεταξύ των δύο άλλων άκρων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Αν η μετρούμενη τάση είναι μικρότερη από τη μεγαλύτερη τάση  $E_1$  ή  $E_2$  του μετασχηματιστή, τότε η πολικότητα είναι προσθετική. Αντίθετα, αν η μετρούμενη τάση είναι μεγαλύτερη, τότε η πολικότητα του μετασχηματιστή είναι αφαιρετική.





## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

### Διδακτικοί Στόχοι

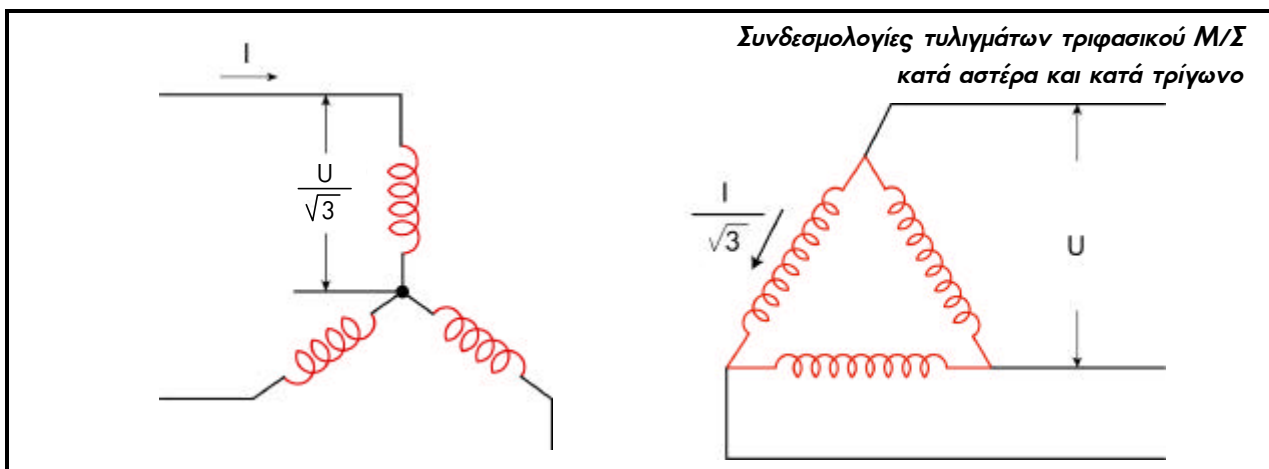
Η απόκτηση ικανότητας:

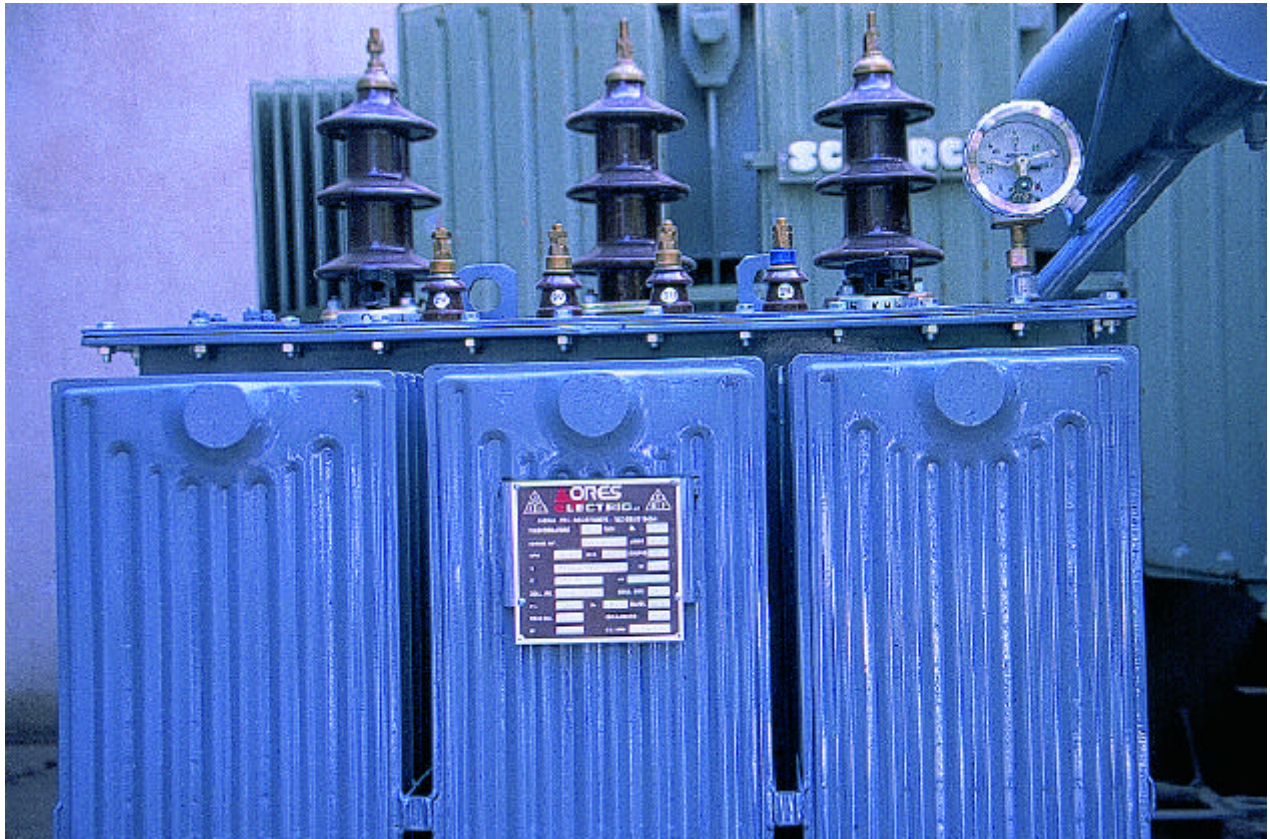
- α. Στην αναγνώριση των τυλιγμάτων ενός μονοφασικού μετασχηματιστή
- β. Στον έλεγχο συνέχειας των τυλιγμάτων μονοφασικού μετασχηματιστή
- γ. Στη μέτρηση αντίστασης πρωτεύοντος - δευτερεύοντος

### I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Όταν πάρουμε τρεις ταυτόσημους Μ/Σ δύο τυλιγμάτων τους καλούμενους μονοφασικούς Μ/Σ, συνδέσουμε τα πρωτεύοντα αυτών κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο και τροφοδοτήσουμε αυτά με τάσεις που αποτελούν τριφασικό σύστημα, τα δε δευτερεύοντα τα συνδέσουμε κατά τον ένα ή κατά τον άλλο τρόπο (Δ ή Υ), λέμε ότι οι εν λόγω Μ/Σ αποτελούν τριφασικό σύστημα. Όλες οι δυνατές συνδέσεις είναι τέσσερις: Υ - Υ, Υ - Δ, Δ - Υ, Δ - Δ.

Αν υποθέσουμε ότι το φορτίο του Μ/Σ είναι συμμετρικό και ότι οι εφαρμοζόμενες στο πρωτεύον τάσεις γραμμής αποτελούν συμμετρικό σύστημα, τότε και οι φασικές τάσεις καθώς και τα ρεύματα γραμμής και τα φασικά ρεύματα του πρωτεύοντος θα αποτελούν συμμετρικό σύστημα όλες οι τάσεις και τα ρεύματα του δευτερεύοντος. Στη σύνδεση Υ-Δ έχουμε στη μία πλευρά ουδέτερο κόμβο, ο οποίος μπορεί να γειωθεί. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και με την σύνδεση Δ-Υ.





**Τριφασικός  
μετασχηματιστής  
ισχύος**

Η σύνδεση Δ-Δ έχει το πλεονέκτημα ότι αν αφαιρεθεί ένας από τους Μ/Σ για επισκευή ή συντήρηση, οι απομένοντες δύο Μ/Σ μπορούν να λειτουργήσουν σαν τριφασικό σύστημα (V), αλλά με ονομαστική ισχύ ίση με τα 57,7% της αρχικής.

Η σύνδεση Υ-Υ χρησιμοποιείται σπάνια, λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζονται με τα ρεύματα μαγνητίσεως.

Αντί τριών μονοφασικών Μ/Σ, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, μπορεί να κατασκευασθεί τριφασικός Μ/Σ που να έχει και τα έξι τυλίγματα σε κοινό πυρήνα. Ο τριφασικός Μ/Σ έχει μικρότερο κόστος, μικρότερο βάρος, απαιτεί λιγότερη επιφάνεια δαπέδου, και έχει μεγάλο βαθμό αποδόσεως. Τα μειονεκτήματά του είναι μεγαλύτερο κόστος εφεδρικών μονάδων και η δυσχέρεια επισκευών. Εννοείται ότι και στην περίπτωση χρησιμοποίησης τριφασικού Μ/Σ ο υπολογισμός του δικτύου μπορεί να εκτελεσθεί επί μιας μόνο φάσεως, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω.

Ο σιδηροπυρήνας των τριφασικών μετασχηματιστών κατασκευάζεται από σιδηρά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε να αποτελείται από τρεις κορμούς. Για την καλύτερη εκμετάλλευση του

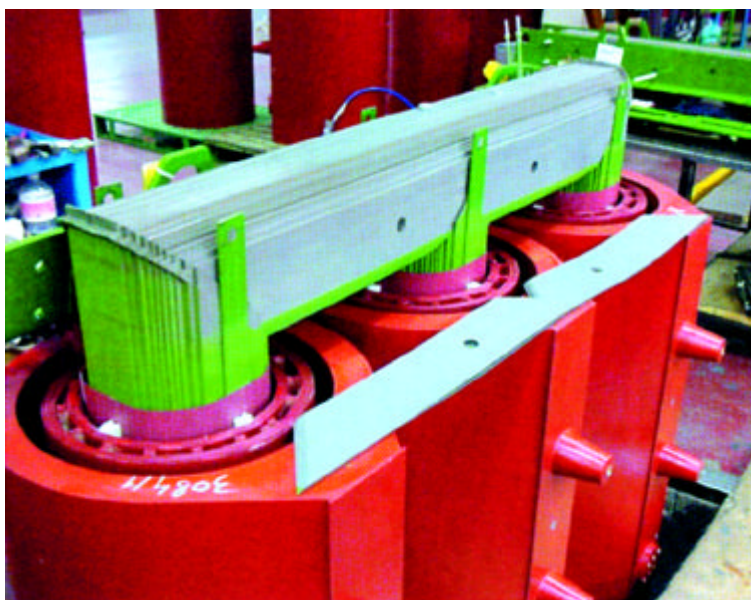


χώρου, οι κορμοί δεν έχουν συνήθως τετραγωνική διατομή αλλά μεταβλητή. Αυτό πραγματοποιείται με το κόψιμο των μαγνητικών ελασμάτων με άνισα πλάτη, ώστε να σχηματίζουν διατομή κορμού. Τα τυλίγματα κατασκευάζονται απο μονωμένους αγωγούς που μπορεί να είναι κυκλικής διατομής, ορθογωνικής διατομής ή από μονωμένα φύλλα αλουμινίου όπως στον πυκνωτή.

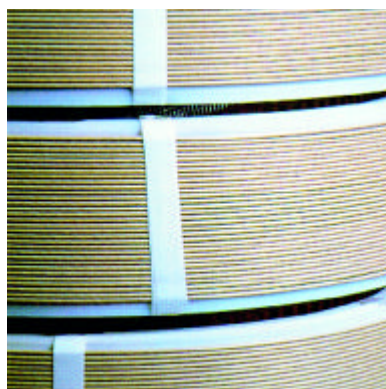
Γύρω απο κάθε κορμό τοποθετούνται το τύλιγμα χαμηλής τάσης εσωτερικά και το τύλιγμα υψηλής τάσης πάνω από αυτό. Με αυτό τον τρόπο κατασκευής ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος διάσπασης του μονωτικού προς τον γειωμένο σιδηροπυρήνα. Σε κάθε κορμό έχουμε ένα τύλιγμα Χ.Τ. και ένα τύλιγμα Υ.Τ., δηλαδή έξι τυλίγματα με δύο άκρα το



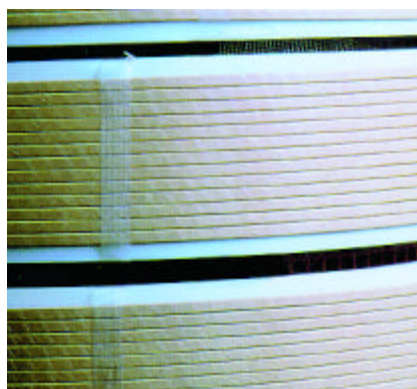
*Σιδηροπυρήνας τριφασικού Μ/Σ*



*Τοποθέτηση τυλιγμάτων γύρω από τους κορμούς*



*Τύλιγμα με αγωγό κυκλικής διατομής*



*Τύλιγμα με αγωγό κυκλικής διατομής*



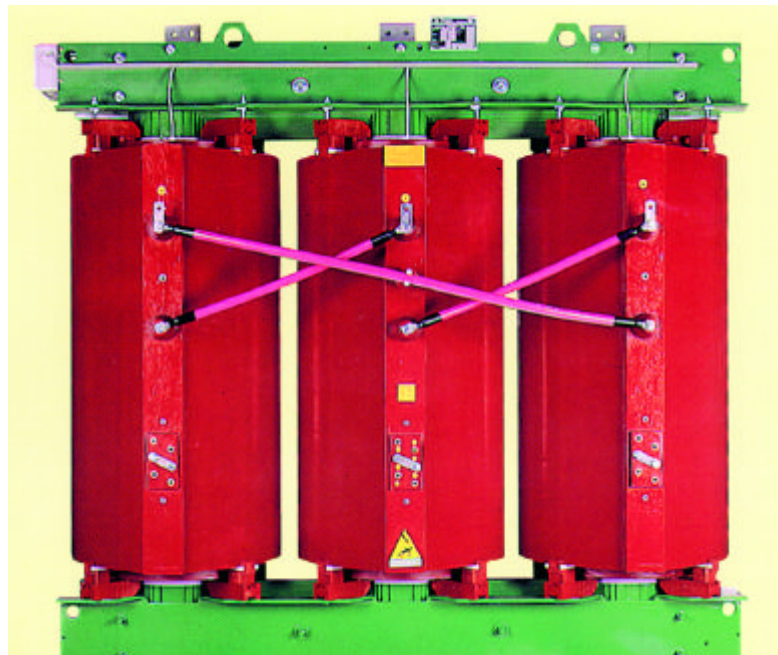
*Τύλιγμα με μονωμένα φύλλα αλουμινίου*

κάθε τύλιγμα. Τα ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων της Υ.Τ., είναι χαρακτηρισμένα με τα γράμματα U-Y, V-Y, W-Z και τα ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων της Χ.Τ. με τα γράμματα u-x, v-y, w-z. Οι συνδέσεις των τυλιγμάτων γίνονται μέσα στο Μ/Σ έτσι ώστε οι ακροδέκτες να είναι 3 για σύνδεση  $\Delta$  και 4 για σύνδεση Υ.



*Ακροδέκτες  
τριφασικού Μ/Σ  
τρίγωνο - αστέρας ( $\Delta$  - Υ)*

Οι τριφασικοί μετασχηματιστές μεγάλης ισχύος είναι τοποθετημένοι σε ένα δοχείο μονωτικού λαδιού. Το ειδικό λάδι έχει τη δυνατότητα να ψύχει καλύτερα από τον αέρα, παρέχει μόνωση και αποτρέπει την είσοδο υγρασίας. Επάνω από το δοχείο υπάρχει ένα μικρό δοχείο διαστολής λαδιού. Οι πιο σύγχρονες κατασκευές γίνονται με χυτευτή ρητίνη και τα τυλίγματα είναι στερεά, διατεταγμένα μέσα στη ρητίνη.



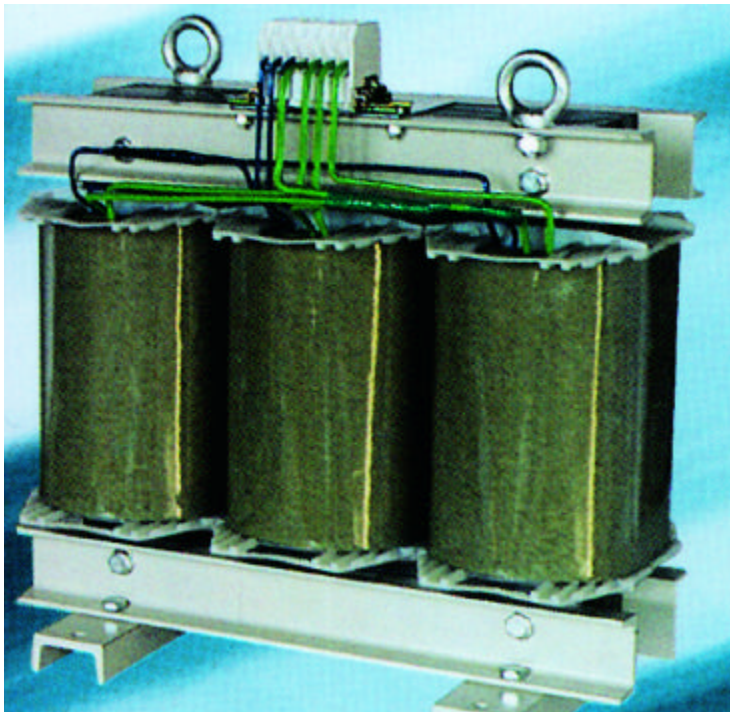
*Τριφασικός Μ/Σ  
με χυτευτή ρητίνη*



## II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. Σχέδιο έργου

Ο τύπος μετασχηματιστή που θα χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση της άσκησης



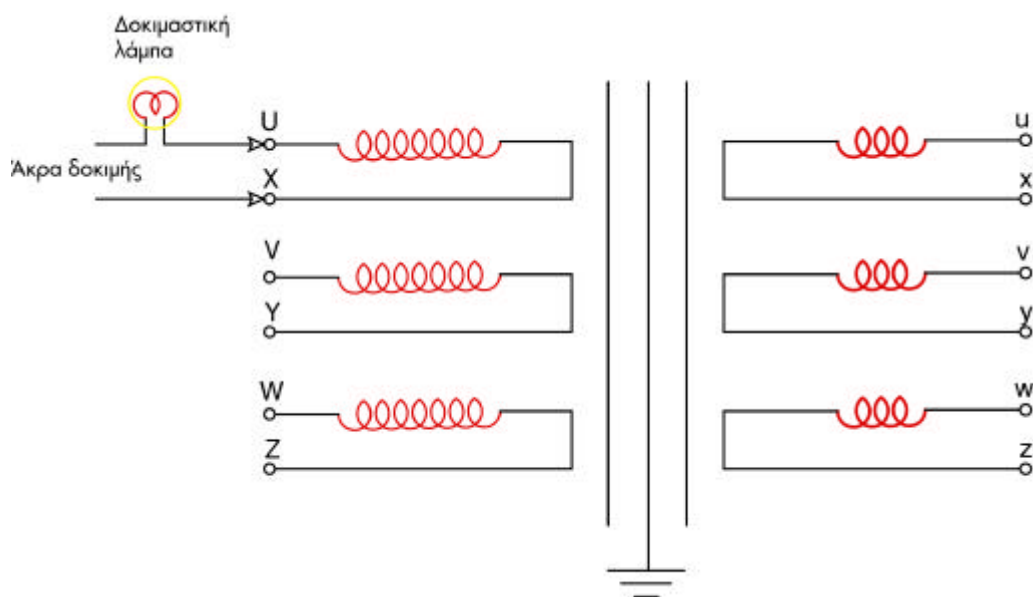
### 2. Όργανα - συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

- Μ/Σ τριφασικός 220V/ 42V 200 VA
- Δοκιμαστική λυχνία
- Ωμόμετρο
- Μέγγερ
- Αγωγοί σύνδεσης

### 3. Πορεία εργασίας

#### 1. Ελεγχος συνέχειας όλων των τυλιγμάτων με τη χρήση βοηθητικού λαμπτήρα.

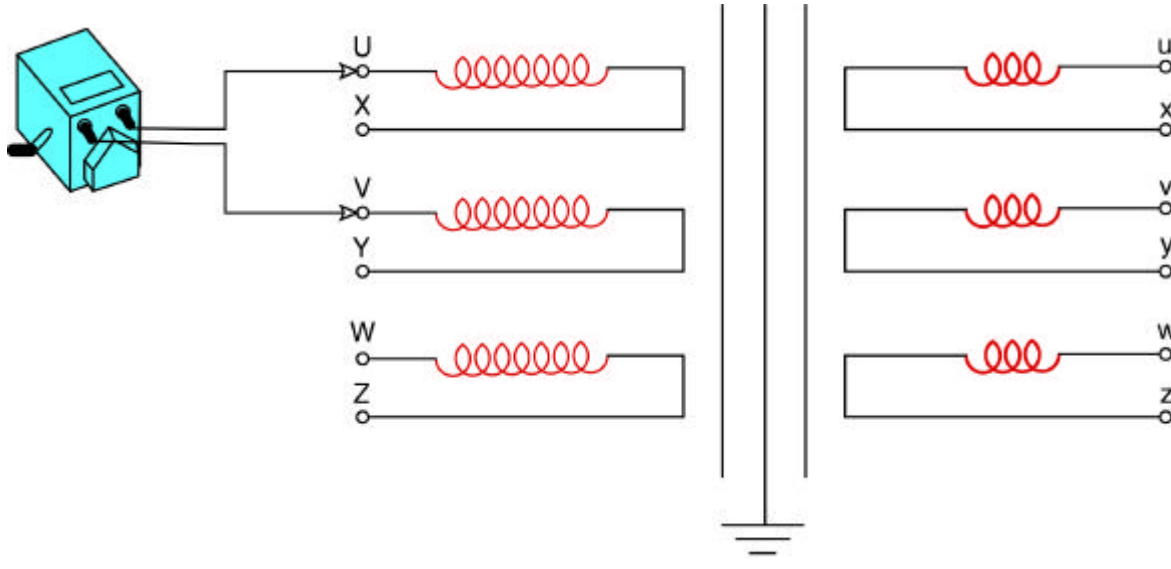
Συνδέουμε διαδοχικά το βοηθητικό λαμπτήρα και μετά τα έξι τυλίγματα επιβεβαιώνοντας την ηλεκτρική συνέχεια των τυλιγμάτων.



## 2. Έλεγχος μόνωσης μεταξύ τυλιγμάτων και τυλιγμάτων σώματος Μ/Σ.

**A.** Συνδέουμε το μέγгер μεταξύ του πρώτου τυλιγματος χαμηλής τάσης διαδοχικά με τα υπόλοιπα και μετράμε την αντίσταση μόνωσης.

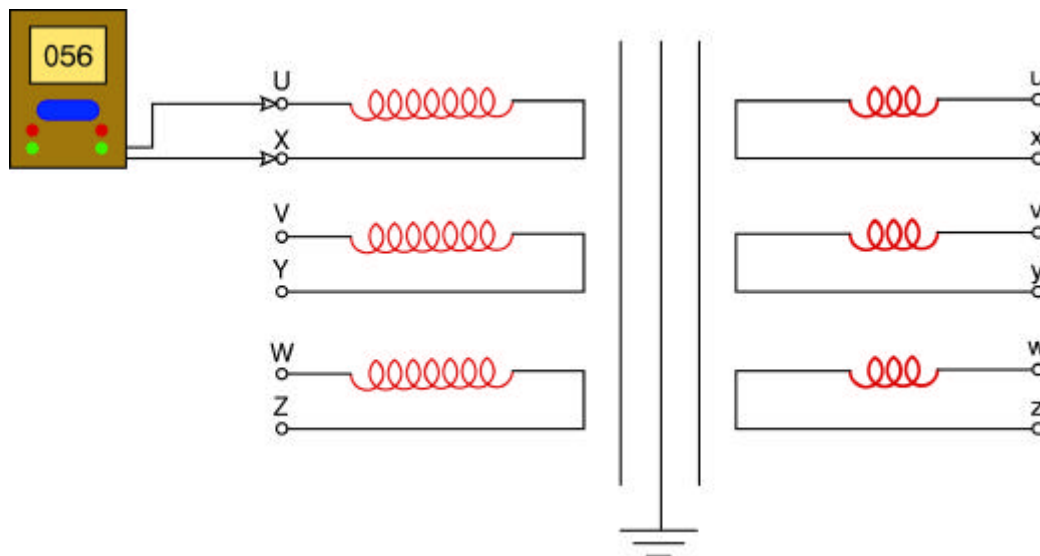
**B.** Συνδέουμε το μέγгер μεταξύ κάθε τυλιγματος και του σώματος του Μ/Σ και ελέγχουμε την αντίσταση μόνωσης.



## 3. Μέτρηση της αντίστασης των τυλιγμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.

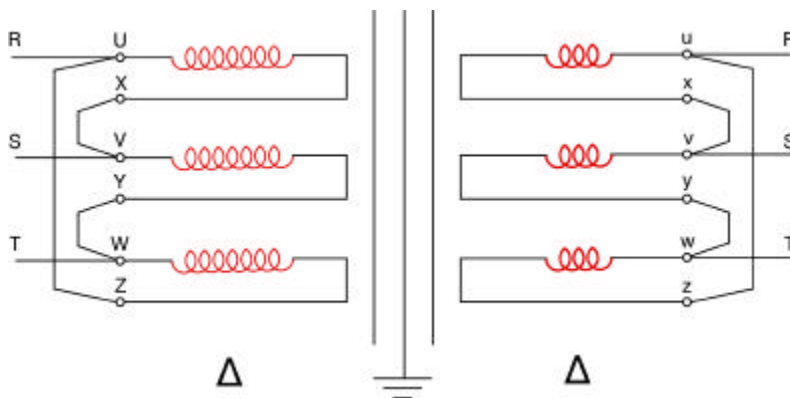
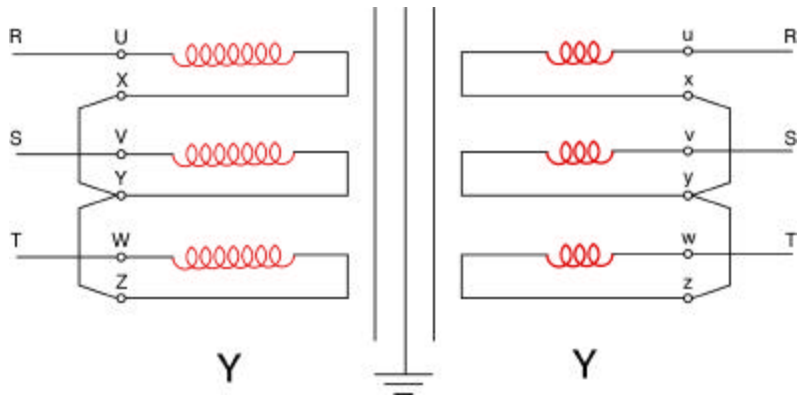
Συνδέουμε ένα ψηφιακό ωμόμετρο διαδοχικά στα άκρα κάθε τυλιγματος πρωτεύοντος και δευτερεύοντος και μετράμε την ακριβή αντίσταση κάθε τυλιγματος.

Καταγράφουμε τις μετρήσεις για κάθε τύλιγμα.



**4. Συνδεσμολογίες τυλιγμάτων.**

Συνδέουμε τα τυλίγματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κατά αστέρα και έπειτα κατά τρίγωνο.



**III. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

1. Παρατηρήστε την εικόνα και απαριθμήστε τα στοιχεία κατασκευής του τριφασικού Μ/Σ

